*Band 44 / Heft 1* *März 1959*

COMMONWEALTH INST. OF ENTOMOLOGY LIBRARY
1 MAR 1959
Eu. 270.
REPRINT OR SEPARATE

# ZEITSCHRIFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

ZUGLEICH ORGAN DER DEUTSCHEN GESELLSCHAFT FÜR ANGEWANDTE ENTOMOLOGIE

BEGRÜNDET VON K. ESCHERICH

HERAUSGEGEBEN VON

W. ZWÖLFER

Dr. rer. nat., o. ö. Professor für angewandte Zoologie
an der Universität München

Mit 70 Abbildungen

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN
POSTVERLAGSORT HAMBURG

# Inhalt

ORIGINALAUFSÄTZE


Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts. Von H.-U. THIELE .. .. .. .. 1

Versuche zur Bekämpfung von *Anobium punctatum* mit Symbioticiden. Von W. BEHRENZ und G. TECHNAU .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. 22

Zur Lebensweise und Entwicklung der Luzerneblütengallmücke *Contarinia medicaginis* Kieff. Von G. FRÖHLICH .. .. .. .. .. .. .. .. 29

*Scolytidae (Col.)* an *Pinus*-Arten in Mittelamerika. Von F. SCHWERDTFEGER .. 42

Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur von medizinisch wichtigen Schmeißfliegen und Stechmückenarten. Von W. SCHULZE .. .. .. .. .. .. .. .. .. 64

Beitrag zur Heteropterenfauna Anatoliens. Von E. WAGNER .. .. .. .. 102


VERSCHIEDENES


Mitteilungen .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. 113

Nachrichten .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. .. 114


---


*Schriftleitung:* Alle Einsendungen sind mit dem ausdrücklichen Vermerk „Für Zeitschrift für angewandte Entomologie" ausschließlich an Prof. Dr. W. Zwölfer, München 13, Amalienstr. 52, Gartengeb., zu richten.

*Manuskripte:* Die Zeitschrift veröffentlicht Originalabhandlungen, kleine Mitteilungen und Buchbesprechungen. Die Beiträge sind so kurz und präzise wie möglich zu halten. Tabellen und Abbildungen wird gebeten, auf das Notwendigste zu beschränken. Jeder Abhandlung ist am Schluß eine kurze Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse in deutscher und, wenn möglich, englischer Sprache anzufügen. Die Titel zitierter Zeitschriften sind nach den internationalen Regeln zu kürzen. Für Manuskripte, die einen Umfang von 50 Seiten übersteigen, bittet der Herausgeber, vor Absendung mit ihm Fühlung aufzunehmen.
Es wird gebeten, die Manuskripte möglichst mit Schreibmaschine und nur einseitig zu schreiben und Sperrungen möglichst zu vermeiden. Photographische Abbildungsvorlagen müssen so beschaffen sein, daß sie eine kontrastreiche Wiedergabe ermöglichen. Alle dem Manuskript beiliegenden Unterlagen wie Photographien, Zeichnungen, Tabellen sollen auf der Rückseite mit dem Namen des Verfassers und dem Titel des Beitrages versehen sein. Bei Abbildungen, die bereits erfolgten Veröffentlichungen entnommen werden sollen, ist eine genaue Quellenangabe erforderlich.
Mit der Übergabe des Manuskriptes überträgt der Verfasser dem Verlag Paul Parey das Recht, die Herstellung von photomechanischen Vervielfältigungen in gewerblichen Unternehmen zum innerbetrieblichen Gebrauch nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 zu genehmigen.

*Honorierung:* Das Mitarbeiterhonorar beträgt DM 40,– je Druckbogen von 16 Seiten. Mehr als drei Druckbogen je Beitrag werden nicht honoriert. Der von Abbildungen und Tabellen eingenommene Raum sowie Doktor-Dissertationen und Buchbesprechungen sind honorarfrei.

*Sonderdrucke:* Die Verfasser von Originalarbeiten erhalten von ihrem Beitrag nach Druckbeendigung auf Wunsch unberechnet 20 Sonderdrucke, die Verfasser von Doktor-Arbeiten 50 Sonderdrucke. Mehrbedarf kann gegen Berechnung angefertigt werden, jedoch nur, wenn die Bestellung unmittelbar mit der Rücksendung der Fahnenkorrektur, spätestens der 1. Umbruchkorrektur, bei der Schriftleitung aufgegeben worden ist.



*Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der photomechanischen Wiedergabe,* sind vorbehalten. Gewerblichen Unternehmen wird jedoch die Anfertigung einer photomechanischen Vervielfältigung von Beiträgen oder Beitragsteilen für den innerbetrieblichen Gebrauch durch Photokopie, Mikrokopie und dergleichen nach Maßgabe des zwischen dem Börsenverein des Deutschen Buchhandels und dem Bundesverband der Deutschen Industrie abgeschlossenen Rahmenabkommens vom 14. 6. 1958 gegen Bezahlung der dort vorgesehenen Gebühr bis zu drei Exemplaren gestattet. Die Vervielfältigungen haben einen Vermerk über die Quelle und den Vervielfältiger zu tragen, und die in dem Rahmenabkommen vorgesehene Gebühr ist an die Inkassostelle für Photokopiergebühren beim Börsenverein des Deutschen Buchhandels e. V., Frankfurt/Main, Gr. Hirschgraben 17/19, zu entrichten. Erfolgt die Entrichtung der Gebühren durch Wertmarken der Inkassostelle, so ist für jedes Photokopierblatt eine Marke im Betrag von DM 30,– zu verwenden.



*Erscheinungsweise und Bezugspreis:* Die Zeitschrift erscheint in zwangloser Folge im Umfang von ungefähr 7 Druckbogen je Heft. Jährlich erscheinen etwa 6 bis 8 Hefte, von denen 4 jeweils einen Band bilden. Das Abonnement verpflichtet zur Abnahme eines ganzen Bandes und verlängert sich jeweils stillschweigend, wenn nicht unmittelbar nach Erhalt des letzten Heftes eines Bandes Abbestellung erfolgt. Die Hefte werden einzeln berechnet. Der Preis beträgt je Druckbogen etwa DM 4,–. Der Preis der Hefte außerhalb des Abonnements ist jeweils um 10 % teurer.
Die Zeitschrift kann bei jeder Buchhandlung oder beim Verlag Paul Parey, Hamburg 1, Spitalerstr. 12, bestellt werden.


---


© Paul Parey, Hamburg u. Berlin 1959 · Printed in Germany by Westholst. Verlagsdr. Boyens & Co., Heide/Holstein



*Z. ang. Ent. Bd. 44 (1959) H. 1, S. 1–114*

Abonnementspreis dieses Heftes DM 28,50 Einzelpreis DM 31,35

*Aus dem Zoologischen Institut der Universität Köln*
*(Direktor: Prof. Dr. Otto Kuhn)*

# Experimentelle Untersuchungen über die Abhängigkeit bodenbewohnender Tierarten vom Kalkgehalt des Standorts[1]

(mit besonderer Berücksichtigung der Diplopoden)

Von Hans-Ulrich Thiele

## I. Einleitung

Im Betriebs- und Baustoffwechsel der tierischen Organismen spielt Kalzium eine hervorragende Rolle. Es findet sich hier in Form von Ionen (z. B. im Blut), in Bindung an Eiweißkörper (z. B. im Cytoplasma) oder als Phosphat bzw. Karbonat (z. B. in Stütz- und Skelettsubstanzen). Der unmittelbare Bedarf an Kalzium kann bei den einzelnen Tierarten sehr verschieden sein und unterliegt mitunter auch jahreszeitlichen Schwankungen (Blumberger 1959). In jedem Falle ist die Möglichkeit zur Deckung dieses Bedarfs eine wichtige Bedingung, die ein Organismus in seinem Biotop erfüllt finden muß.

Es ist jedoch zu beobachten, daß Tierarten, die sehr starke Kalkgehäuse ausbilden und also einen *besonders hohen Ca-Bedarf* zeigen, *auch in relativ kalkarmen Biotopen* zu reichster Entfaltung gelangen können. Es sei zum Beispiel an das Vorkommen solcher Formen im Meerwasser erinnert. Derartige Organismen sind offenbar auf Grund besonderer Einrichtungen in der Lage, durch selektive Aufnahme und die Fähigkeit zur Speicherung dem Substrat die benötigte Menge an Kalzium zu entnehmen (Kuhn u. Fuchs 1954).

Die Möglichkeit zur Anreicherung des Kalziums ist offenbar auch terrestrischen Tierformen gegeben. Andererseits sind allerdings viele bodenbewohnende Tierarten in ihrer Verbreitung *vom Kalkgehalt des Substrats abhängig*. Daß der Grad der Bindung an Kalkböden unmittelbar das Ca-Bedürfnis der betreffenden Organismen widerspiegelt, muß jedoch nach den oben dargelegten Verhältnissen zweifelhaft erscheinen.

Bei *einer* Tiergruppe könnte zwar die Bindung an Kalkböden in manchen Fällen im Ca-Bedarf selbst begründet sein, nämlich bei den Gehäuseschnecken. Für die reichere Entfaltung derselben auf kalkhaltigen Böden nehmen Geyer (1927) und Trübsbach (1943, 1947) physikalische Faktoren, also nur eine mittelbare Wirkung des Kalks, als Ursache an. Dagegen deutet Lais (1943) die Kalkbindung der Schnecken als unmittelbare Folge ihres hohen Ca-Bedarfs. Nur wenige experimentelle Untersuchungen zu diesen Fragen sind bisher durchgeführt worden (Rensch 1932, H. A. Schmidt 1955). Es ist

[1] Der erste Teil der hier vorliegenden Untersuchungen erschien unter dem Titel „Die Tiergesellschaften der Bodenstreu in den verschiedenen Waldtypen des Niederbergischen Landes" in Band 39, Heft 3 dieser Zeitschrift (1956).

möglich, daß die Bindung von Gehäuseschnecken an Kalkböden in manchen Fällen auf einen chemischen Einfluß zurückzuführen ist.

Es ist jedoch eine offene Frage, ob die auch bei anderen Tiergruppen (s. u.!) beobachtete Bindung bestimmter Arten an Kalk unmittelbar durch die chemische Zusammensetzung des Bodens bedingt ist. Der Kalkgehalt der Böden tritt uns in der Natur ja nicht als isolierter Faktor entgegen. Mit ihm sind vielmehr zahlreiche andere Faktoren gekoppelt: pH-Wert, Bodenstruktur, Zusammensetzung der Vegetation und Kleinklima an einem Standort. Brenner (1930) prägte hierfür den Begriff „Kalkfaktorenkomplex". Es ist damit zu rechnen, *daß eine Bindung an solche sekundären Faktoren eine „Kalk"-stetigkeit vielfach nur vortäuscht.* Untersuchungen über die Verbreitung der bodenbewohnenden Tierwelt in verschiedenen Waldtypen (Thiele 1956) deckten eine solche „Kalk"stetigkeit bei zahlreichen Arten aus verschiedenen Tiergruppen auf (Gehäuseschnecken, Isopoda, Diplopoda, Chilopoda, Carabidae, Staphylinidae).

In jeder Waldpflanzengesellschaft findet sich eine typische Tiergesellschaft, deren Verbreitung sich mit der der betreffenden Pflanzenassoziation deckt. Zahlreiche Tierarten aus den verschiedensten Gruppen zeigen sich dabei als Differentialarten an bestimmte Waldtypen gebunden. Besonders große Unterschiede bestehen zwischen der Tierwelt der Edellaubwälder *(Fagetalia),* die nur auf *kalkreichen, neutralen* Böden wachsen, und der der Buchen-Traubeneichen-Wälder *(Fageto-Quercetum petraeae)* auf *kalkarmen, bodensauren* Standorten.

Die vergleichende Untersuchung der Tierverbreitung auf pflanzensoziologischer Grundlage läßt also die Bindung bestimmter Arten an Pflanzenassoziationen und damit an scharf umschriebene Komplexe von Umweltfaktoren hervortreten. Die Herauslösung der für die Verbreitung einer Art maßgebenden Einzelfaktoren macht jedoch zusätzlich das Experiment erforderlich, in dem der Komplex der Umweltfaktoren in seine Bestandteile zerlegt werden kann.

*Um die stenotope Verbreitung zahlreicher Tierarten in Pflanzengesellschaften auf kalkreichen Böden zu erklären, ist es also notwendig, experimentell das Verhalten insbesondere nahe verwandter Arten mit verschiedener Verbreitung gegenüber möglichst vielen Faktoren zu prüfen, die parallel zum Kalkgehalt der natürlichen Lebensräume variieren.*

Hierfür kommen hauptsächlich folgende Faktorengruppen in Betracht:

1. Chemische Einflüsse
   a. Das unmittelbare Kalkangebot
   b. Die unmittelbare Wirkung des pH-Werts
   c. Die vom Ca-Gehalt abhängige verschiedene chemische Zusammensetzung des Fallaubs ein und derselben Pflanzenart auf kalkreichen und kalkarmen Böden und die dadurch evtl. verschiedene Futterqualität desselben. Solche Unterschiede (z. B. im Gehalt an Aminosäuren) scheinen in manchen Fällen vorhanden zu sein (Knapp & Linskens 1954).
2. Klimatische Einflüsse
   a. Temperatur
   b. Feuchtigkeit

## II. Das Verhalten von Diplopoden gegenüber Unterschieden in der chemischen Zusammensetzung von Boden und Streu

Während die Mollusken- und Isopodenfauna der bodensauren Wälder sehr artenarm ist, ist die Diplopodenfauna hier arten- und auch individuenreich. Demnach ließ sich bei dieser Tiergruppe fast mit Sicherheit erwarten, daß nicht der Kalkmangel an sich, sondern eine Reihe von diesem abhängiger mittelbarer Wirkungen den beobachteten Unterschied in der Besiedlung kalkarmer und kalkreicher Waldstandorte bedingt. Ferner leben die untersuchten Diplopodenarten von Buchenfallaub, einem Nährsubstrat, das sich sehr gut für die notwendigen quantitativen Fütterungsversuche eignet. Auch lassen sich mit Diplopoden leicht Wahlversuche gegenüber Klimafaktoren durchführen. Schließlich schien die Kenntnis der Verbreitungsursachen bei den Diplopoden deshalb besonders wichtig, weil sie für den Abbau des Fallaubs eine sehr große Bedeutung haben (DUNGER 1958).

### *Material*

Für die Versuche wurden die beiden häufigsten Diplopodenarten der Wälder des Untersuchungsgebietes benutzt, *Glomeris marginata* Koch und *Cylindroiulus nitidus* Verh. Bezüglich der Einzelheiten ihrer Verbreitung und der eingehenden pflanzensoziologischen Kennzeichnung der Standorte muß auf die bei THIELE (1956) gegebene Darstellung verwiesen werden. Hier sei nur wiederholt, daß *G. marginata* als *euryöke* Form in allen Waldtypen des Untersuchungsgebietes zahlreich vorkommt, während der *stenöke C. nitidus* nur in den Edellaubwäldern verbreitet ist, die auf neutralen bis alkalischen, kalkhaltigen Böden wachsen. Er wurde vor allem an Standorten mit einem $P_H > 6.7$ angetroffen.

Wegen des langsamen Wachstums der Diplopoden und der schwierigen (bei *C. nitidus* bisher gar nicht gelungenen) Zucht konnte nur mit gesammelten Tieren gearbeitet werden. *C. nitidus* wurde in den Beständen Fa 1 (Fagetum) und Os (Querceto-Carpinetum) gesammelt, *G. marginata* in Ne IV (Querceto-Carpinetum) und Hi (Alnetum). Die Tiere wurden möglichst bald nach dem Einsammeln zu den Versuchen benutzt und solange im Laboratorium bei etwa 18° gehalten. Dabei wurden sie mit Streu vom natürlichen Standort gefüttert.

### 1. Beobachtungen über die Verteilung der Diplopodenarten auf Böden von verschiedenem $p_H$-Wert bzw. Kalkgehalt

Zunächst sei betrachtet, welche Beziehungen die Häufigkeit von verschiedenen Diplopoden – ohne Rücksicht auf die Artzugehörigkeit – zum $p_H$-Wert im $A_1$-Horizont zeigt (zur Nomenklatur der Bodenhorizonte vgl. KÜHNELT 1950). Außerdem ist die Verteilung einzelner Arten auf die verschiedenen $p_H$-Bereiche zu vergleichen.

Hierzu konnte das Sammelergebnis von 84 in Wäldern des Bergischen Landes untersuchten Probeflächen zu je 1 m² zusammengefaßt werden (THIELE 1956). Die Probeflächen wurden in drei $p_H$-Stufen eingeteilt: a = stark sauer ($p_H$ 4,0–5,0, 30 Flächen), b = schwach sauer ($p_H$ 5,1–6,6, 16 Flächen) und c = neutral ($p_H$ 6,7–8,0, 38 Flächen).

Wegen der leichteren Meßbarkeit wurde im allgemeinen nur der $p_H$-Wert und nicht der $CaCO_3$-Gehalt der Böden bestimmt. Es ist aber anzunehmen, daß beide Werte weitgehend parallel variieren. Die Richtigkeit dieser Erwartung wurde durch Stichproben nachgewiesen. Die Bestimmung des $p_H$-Wertes erfolgte im wäßrigen Auszug der frischen Bodenproben (mit ausgekochtem, neutralem Aqua dest.) mit Hilfe des Universalindikators „Merck", dessen Farbskala $p_H$-Stufen von 0.5 Einheiten aufweist (Zwischenwerte wurden geschätzt). Zur Beschleunigung des Niederschlags der Feinerde wurde den Proben Bariumsulfat zugesetzt.

Die *Gesamtsiedlungsdichte* der Diplopoden ist im neutralen und schwach sauren Bereich sehr ähnlich (8,7 bzw. 8,9/m²). Auch im stark sauren Bereich

ist sie mit 6,3/m² noch sehr erheblich, wenn auch deutlich niedriger als in den beiden anderen Typen (Abb. 1, I). Die geringen Kalkmengen in sauren Böden reichen also durchaus hin, um einer großen Zahl von Diplopoden die Deckung ihres Kalziumbedarfs zu ermöglichen und z. B. den Aufbau ihrer Kalkpanzer zu gestatten. Es leben hier sogar vielfach Arten mit besonders kräftigem Panzer.

Die *Verteilung der verschiedenen Diplopodenarten* auf die pH-Stufen ist im einzelnen sehr unterschiedlich (Abb. 1, II–VI). Von den beiden zu den Versuchen benutzten Arten besiedelt *G. marginata* alle pH-Stufen mit einem Maximum im schwach sauren Bereich. Dagegen kommt *C. nitidus* ganz überwiegend auf neutralen Böden vor und fehlt auf stark sauren Flächen ganz.

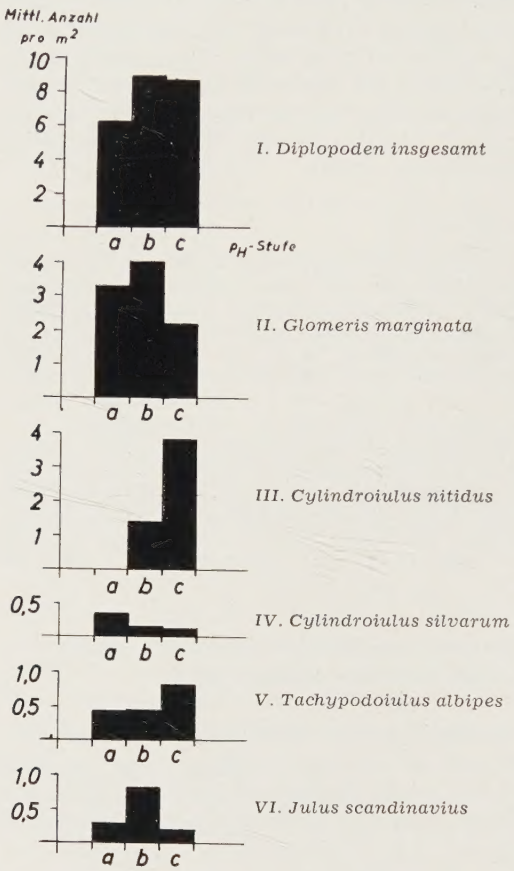


*Abb. 1.* Häufigkeit von Diplopoden auf Böden von verschiedenem $p_H$-Wert. $p_H$-Stufe a = 4.0—5.0, b = 5.1—6.6, c = 6.7—8.0

Es wurde auch in Erwägung gezogen, ob euryöke Arten vielleicht geringe Kalkvorräte im Futter besser auswerten können als die an kalkreiche Böden gebundenen Formen. Einige Untersuchungen hierüber wurden bei *G. marginata* und *C. nitidus* angestellt. Hierzu wurde der Ca-Gehalt des Futters und der Exkremente in quantitativen Fütterungsversuchen verglichen (die Analysen wurden von der Landwirtschaftlichen Untersuchungs- und Forschungsanstalt in Bonn, Bodenabteilung, durchgeführt). Hierbei zeigte sich jedoch, daß *C. nitidus* den Kalkgehalt des Futters eher besser auswertet als *G. marginata*. In den einzelnen Versuchen schwankt der Grad der Ausnutzung sehr; eine Beziehung zum Kalkgehalt des Futters war nicht festzustellen.

Die reiche Entfaltung von Diplopoden auf kalkarmen Böden zeigt, daß die Vertreter dieser Tiergruppe auch einem solchen Substrat die benötigten Kalziummengen entziehen können. Andererseits werden diese Böden von manchen Arten eindeutig *gemieden*. Da diese Formen zur Ausnutzung geringer Kalziummengen durchaus in der Lage sind, *so wird dies nicht unmittelbar im Kalkmangel des Substrats begründet sein. Vielmehr dürfte die Ursache hierfür in anderen, mit dem Kalkmangel gekoppelten Faktoren liegen.*

### 2. Versuche über das Verhalten der Diplopoden gegenüber dem $p_H$-Wert des Substrats

Es erschien denkbar, daß die Verbreitung auf Böden von verschiedenem Kalkgehalt und $p_H$-Wert unmittelbar durch eine unterschiedliche Empfindlichkeit der Arten gegen hohe Wasserstoffionenkonzentration bestimmt wird. Im allgemeinen wird diesem Faktor zwar nur geringe Bedeutung beigemessen (Kühnelt 1950). Mac Lagan (1933) konnte jedoch bei Collembolen und Arrhenius (1921) bei Lumbriciden experimentell nachweisen, daß gewisse Arten zu ihrem Gedeihen einen bestimmten, eng begrenzten $p_H$-Bereich benötigen.

Zur Prüfung dieser Verhältnisse bei Diplopoden wurde ein *Toleranzversuch* an *C. nitidus* (stenök) und *G. marginata* (euryök) durchgeführt.

In die Versuchsgefäße wurde eine Schicht Fließpapierschnitzel gefüllt. Um ein saures Substrat zu erhalten, wurde die Fließpapierschicht mit 0.0001 n Salzsäure vom $p_H$ 4 getränkt. Neutrales Substrat wurde mit Leitungswasser hergestellt. Gefüttert wurde mit etwas Buchenlaubstreu, die vorher jeweils in der entsprechenden Flüssigkeit aufgeweicht worden war. Von jeder Art wurden je 10 Tiere auf diesen beiden Substraten 34 Tage lang gehalten.

Nach Ablauf der Versuchszeit waren die Tiere beider Arten auf beiden Substraten noch lebendig und voll aktiv. Nur von den auf neutralem Substrat gehaltenen *C. nitidus* ging ein Exemplar während des Versuchs ein. Dieses Ergebnis zeigt, daß auch die Art, die in der Natur auf stark saurem Boden nie vorkommt *(C. nitidus),* selbst durch sehr hohe Wasserstoffionenkonzentration im Kapillar- und Haftwasser des Substrats keine unmittelbare Schädigung erfährt. *Der $p_H$-Wert des Bodens scheint also keinen direkten Einfluß auf die Lebensfähigkeit der Diplopoden auszuüben.*

Zur Überprüfung dieses Ergebnisses wurden mit den beiden Arten noch *Wahlversuche* durchgeführt.

In die Versuchsgefäße wurde etwa 3 cm hoch Seesand eingefüllt. Durch einen eingesteckten Glasstreifen wurde der Sand bis zur Oberfläche in zwei Hälften geteilt. Die eine wurde mit Leitungswasser, die andere mit 0.01 n HCl getränkt. Es ergaben sich somit zwei Modellböden in jedem Behälter, zwischen denen die eingesetzten Versuchstiere wählen konnten. Nach der kolorimetrischen Bestimmungsmethode in Aqua dest. (S. 3) betrugen die $p_H$-Werte dieser Böden 7.5 und 4.0. Die $p_H$-Differenz erhält sich über etwa eine Woche. Bei jeder Art wurden zwei Versuche mit je zehn Tieren durchgeführt. Die Versuchsdauer betrug 7 Tage. In dieser Zeit wurde an den meisten Tagen morgens und abends festgestellt, auf welchem Substrat sich die Tiere befanden.

Drückt man die Aufenthaltswahl auf verschiedenen Substraten in Prozent aus, so ergibt sich folgendes Bild:

| | Gesamtzahl der Ablesungen | Aufenthaltswahl auf saurem Boden | neutralem Boden |
|---|---|---|---|
| *Glomeris marginata* | 220 | 31,8 % | 68,2 % |
| *Cylindroiulus nitidus* | 220 | 56,4 % | 43,6 % |

*G. marginata* läßt eine deutliche Bevorzugung neutralen Substrats erkennen. In der Natur verhält sich die Art jedoch gerade umgekehrt. Dieser Befund kann zunächst nicht gedeutet werden. *C. nitidus* wählte beide Substrate etwa gleich oft als Aufenthalt. *Diese Ergebnisse zeigen, daß einem Unterscheidungsvermögen für den $p_H$-Wert, soweit es – was noch fraglich erscheint – überhaupt vorhanden ist, bei den geprüften Arten in der Natur keine Bedeutung zukommt.*

### 3. Versuche über die Entwicklung von Diplopoden auf kalkreicher und kalkarmer Streu

Es wurde die Frage geprüft, ob die Entwicklung der „kalk"steten Diplopoden durch längere Aufnahme einer an kalkarmem Standort gebildeten Streu (infolge möglicherweise abweichender chemischer Zusammensetzung derselben) ungünstig beeinflußt wird.

Je 10 junge Tiere von *C. nitidus* einerseits, von *G. marginata* andererseits wurden bei Fütterung mit Buchenfallaub gehalten. Es wurden Parallelversuche mit Fallaub aus Beständen von einem kalkarmen (Ne VIII) und einem kalkreichen Standort (Ne II) durchgeführt (zur Charakterisierung der Standorte vgl. THIELE 1956). Das Fallaub stammte vom Herbst des Vorjahres und hatte mithin ein Jahr im Freien gelagert (s. S. 8). Über den Kalziumgehalt der an den beiden Standorten gebildeten Streu gibt Tabelle 3 Auskunft.

Die Beobachtung von Sterblichkeit und Gewichtsveränderung im Laufe eines halben Jahres erbrachte folgendes Ergebnis (Tab. 1). *G. marginata* zeigt gute Entwicklung auf saurem und neutralem Substrat. *C. nitidus* dagegen erwies sich als sehr schwierig zu halten und entwickelte sich auf *beiden* Substraten schlecht. Die hohe Sterblichkeit dürfte auf die *sehr große Empfindlichkeit des C. nitidus gegen Schwankungen der Feuchtigkeit des Substrats*

*Tabelle 1*

**Entwicklung von *Glomeris marginata* und *Cylindroiulus nitidus* auf saurer und neutraler Buchenstreu im Verlauf von 6 Monaten**
(Je Versuch 10 junge Tiere)

| | *Glomeris marginata* | | | | *Cylindroiulus nitidus* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Fütterung mit saurer Streu | | Fütterung mit neutraler Streu | | Fütterung mit saurer Streu | | Fütterung mit neutraler Streu | |
| Datum | Anzahl | Mittleres Gewicht in mg | Anzahl | Mittleres Gewicht in mg | Anzahl | Mittleres Gewicht in mg | Anzahl | Mittleres Gewicht in mg |
| 11. 11. 54 | 10 | 36,3 | 10 | 34,8 | 10 | 20,4 | 10 | 20,6 |
| 10. 12. 54 | 10 | 37,7 | 10 | 37,2 | 10 | 20,6 | 10 | 20,6 |
| 4. 1. 55 | 10 | 41,1 | 10 | 38,3 | 8 | 18,4 | 9 | 20,3 |
| 4. 2. 55 | 10 | 46,7 | 9 | 38,1 | 7 | 18,4 | 5 | 19,4 |
| 4. 3. 55 | 10 | 46,5 | 9 | 39,4 | 6 | 18,6 | 3 | 17,0 |
| 1. 4. 55 | 10 | 50,7 | 9 | 44,8 | 6 | 18,0 | 3 | 17,0 |
| 4. 5. 55 | 10 | 53,1 | 9 | 43,8 | 2 | 20,0 | — | — |

zurückzuführen sein, wie sie bei den verwandten kleinen Versuchsgefäßen (2 Liter) nicht zu vermeiden waren. Schon kurze Berührung mit Wasser führt bei dieser Art zum Tode; andererseits gehen die Tiere auch bei mangelnder Luftfeuchtigkeit sehr bald ein. Bei der euryöken Art *G. marginata* traten dagegen bei gleichen Haltungsbedingungen keinerlei Schäden ein.

Die genannten Schwierigkeiten ließen sich auch bei einer Wiederholung der Versuche mit *C. nitidus* in größeren Gefäßen (7 Liter), in denen sich die Feuchtigkeit besser konstant halten ließ, nicht ganz vermeiden (Tab. 2). Zwar ließ sich die Sterblichkeit so reduzieren, jedoch war das Wachstum der Tiere immer noch recht unregelmäßig. Auf neutralem Substrat wurde in 3 Monaten eine Gewichtssteigerung auf 104,8 % (im Mittel von 6 Versuchen mit je 10 Tieren) erreicht, auf saurem Substrat eine solche auf 105,4 % (im Mittel von 5 Versuchen mit je 10 Tieren). Die Sterblichkeit belief sich auf 8,3 % bzw. 14,0 %. Diese Unterschiede sind nicht signifikant.

*Tabelle 2*

**Entwicklung von *Cylindroiulus nitidus* auf saurer und neutraler Buchenstreu im Verlauf von 3 Monaten**

| Datum | Fütterung mit saurer Streu: Anzahl | Mittleres Gewicht in mg | Mittleres Gewicht (Ausgangsgewicht = 100) | Fütterung mit neutraler Streu: Anzahl | Mittleres Gewicht in mg | Mittleres Gewicht (Ausgangsgewicht = 100) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6. 10. 55 | 10 | 17,6 | 100,0 | 10 | 17,8 | 100,0 |
| 7. 11. 55 | 10 | 18,1 | 102,8 | 10 | 18,6 | 104,5 |
| 5. 12. 55 | 10 | 18,7 | 106,3 | 10 | 19,1 | 107,2 |
| 4. 1. 56 | 10 | 18,4 | 104,5 | 10 | 19,2 | 107,9 |
| 11. 11. 54 | 10 | 42,7 | 100,0 | 10 | 42,6 | 100,0 |
| 10. 12. 54 | 9 | 44,9 | 105,2 | 10 | 45,2 | 106,1 |
| 4. 1. 55 | 8 | 45,9 | 107,5 | 9 | 45,3 | 106,3 |
| 4. 2. 55 | 6 | 46,0 | 107,7 | 8 | 47,0 | 110,3 |
| 6. 10. 55 | 10 | 45,4 | 100,0 | 10 | 44,9 | 100,0 |
| 7. 11. 55 | 9 | 46,2 | 101,8 | 10 | 44,3 | 98,8 |
| 5. 12. 55 | 9 | 46,2 | 101,8 | 10 | 44,6 | 99,3 |
| 4. 1. 56 | 9 | 46,1 | 101,5 | 10 | 44,4 | 98,9 |
| 6. 10. 55 | 10 | 74,9 | 100,0 | 10 | 74,4 | 100,0 |
| 7. 11. 55 | 10 | 76,5 | 102,1 | 10 | 75,3 | 101,2 |
| 5. 12. 55 | 9 | 76,7 | 102,4 | 10 | 77,2 | 103,8 |
| 4. 1. 56 | 9 | 78,1 | 104,2 | 10 | 76,8 | 103,2 |
| 6. 10. 55 | 10 | 84,0 | 100,0 | 10 | 53,4 | 100,0 |
| 7. 11. 55 | 10 | 85,5 | 101,8 | 9 | 54,9 | 102,8 |
| 5. 12. 55 | 10 | 86,0 | 102,4 | 9 | 55,4 | 103,8 |
| 4. 1. 56 | 9 | 91,6 | 109,0 | 9 | 55,1 | 103,2 |
| 7. 11. 55 | | | | 10 | 116,2 | 100,0 |
| 5. 12. 55 | | | | 10 | 117,2 | 100,8 |
| 4. 1. 56 | | | | 10 | 118,4 | 101,9 |
| 7. 2. 56 | | | | 8 | 123,4 | 105,3 |
| Endgewicht nach 3 Monaten (im Mittel; Ausgangsgewicht = 100): | | | auf saurer Streu 105,4 % | | auf neutraler Streu 104,8 % | |
| Sterblichkeit im Verlauf von 3 Monaten (im Mittel): | | | 14,0 % | | 8,3 % | |

Die Versuche ergeben *keine* Anhaltspunkte dafür, *daß sich C. nitidus auf Buchenfallaub von einem kalkarmen, sauren Boden schlechter entwickelt als auf solchem von einem kalkreichen, neutralen Boden.* Dagegen zeigt es sich ganz deutlich, daß *C. nitidus sehr empfindlich gegenüber dem Kleinklima* seines Lebensraumes ist, besonders gegen *Feuchtigkeitsschwankungen.* Die *euryöke* Art *G. marginata* zeigte *keine derartige Empfindlichkeit.*

### 4. Versuche über den Einfluß der Geschmacksqualität der Streu verschiedener Herkunft auf Diplopoden

Die geschilderten Versuche zeigen, daß der „kalk"stete *C. nitidus* auch auf Fallaub aus Biotopen gedeiht, die er in der Natur meidet. Es schien wünschenswert, den Futterverbrauch auf verschiedenen Substraten auch quantitativ zu erfassen.

In getrennten Fütterungsversuchen wurde deshalb *C. nitidus* und *G. marginata Buchenlaub von einem kalkarmen und von einem kalkreichen Standort* vorgelegt. Um das Verhalten von Diplopoden gegenüber stark geschmackswirksamen Substanzen überhaupt zu prüfen, wurde in weiteren Versuchen beiden Arten mit *Tannin vergällte kalkreiche Buchenstreu* gereicht.

In Vorversuchen war festgestellt worden, daß frisches Buchenfallaub fast völlig verschmäht wird. Zum gleichen Ergebnis gelangte auch VAN DER DRIFT (1951). Deshalb wurde in den Versuchen Laub verfüttert, das ein Jahr im Freien gelagert hatte. Dieses wurde am 5. Oktober 1953 ebenfalls in einem bodensauren (Ne VIII) und in einem auf Kalk stockenden Bestand (Ne II) gesammelt. Es wurde bei etwa 23° getrocknet. Die für die Versuche eingewogenen Laubmengen wurden in den Versuchsgefäßen mit jeweils gleichen Wassermengen gut durchgefeuchtet. Die Vergällung mit Tannin erfolgte, indem das eingewogene trockene Laub in den Gefäßen mit 2%iger Tanninlösung übergossen wurde. Nach 24stündigem Eindringen wurde die Lösung abgegossen. Während des Versuchs wurde das Substrat in allen Gefäßen mit jeweils gleichen Mengen von Aqua dest. feuchtgehalten. Auf jedem Substrat wurden zwei Versuche mit je 5 vor Versuchsbeginn gewogenen Tieren durchgeführt. Versuchsdauer 36, in einigen Fällen 35 Tage. Bei Abbruch der Versuche wurden die Tiere nachgewogen. Futterreste und Exkremente wurden wieder bei Zimmertemperatur zur Gewichtskonstanz getrocknet, sortiert und getrennt gewogen. In Versuch 4a gingen zwei Tiere durch Berührung mit Kondenswasser während des Versuchs ein. Der hier festgestellte Streuverbrauch stellt also einen zu geringen Wert dar (in Tab. 3 in Klammern).

Es ließ sich in jedem Versuch eine *genaue Bilanz des Futterverbrauchs* aufstellen (Tab. 3). Wir stellen fest, daß bei der euryöken *G. marginata* der tägliche Futterverbrauch pro Tier, in Prozent des Körpergewichts ausgedrückt, auf beiden Laubsorten ungefähr gleich ist. Jedoch beobachten wir auch bei *C. nitidus,* daß er die Streu von kalkarmem Boden in großen Mengen verzehrt, obwohl er in der Natur auf diesem Substrat nicht vorkommt. Der Verbrauch ist zwar auf Buchenlaub von kalkarmem Boden etwas geringer als auf Laub von kalkreichem. Die verzehrte Menge liegt jedoch auch bei der Streu aus einem bodensauren Walde in der Größenordnung des normalen Verbrauchs. Dagegen wird ein den Tieren geschmacklich nicht zusagendes Futter (wie frisch gefallene Streu) von den Diploden überhaupt nicht in nennenswertem Umfange angenommen. Dies zeigen sowohl die Untersuchungen von VAN DER DRIFT (1951) und FRANZ & LEITENBERGER (1948) wie eigene Beobachtungen. FRANZ & LEITENBERGER fanden bei *Glomeris connexa* auf frischer Buchenstreu nur einen Konsum von 0,66 mg pro Tier und Tag, während in den vorliegenden Untersuchungen bei *G. marginata* auf einjährigem Fallaub ein Verbrauch von etwa 24 mg festzustellen war.

Ferner hat sich gezeigt, daß auch die tanninvergällte Streu in einer Menge aufgenommen wird, die dem Verzehr der normalen Streu aus dem natürlichen Biotop der Arten völlig entspricht. Nicht nur *G. marginata,* sondern auch *C. nitidus* zeigt also gegenüber den vielfach geschmacklich abschreckend wirkenden Gerbstoffen gar keine negative Reaktion. Auch H. SCHMIDT (1952) kommt zu dem Ergebnis, daß Diplopoden in ihrer Nahrung nicht wählerisch sind. Sie verfütterte an acht Arten (u. a. *Cylindroiulus boleti, Glomeris pustulata* und *G. hexasticha)* Streu von den verschiedensten Laub- und Nadelhölzern und stellte fest, daß alle diese Substanzen in gleicher Weise verzehrt werden. Die Annahme von LYFORD (1943), daß Diplopoden Fallaub um so stärker verzehren, je höher dessen Ca-Gehalt ist, konnte *nicht* bestätigt werden. Sie läßt sich jedoch auch aus den experimentellen Befunden von LYFORD selbst keineswegs eindeutig belegen.

Die untersuchten Diplopoden machten also *keine Unterschiede* im Verzehr

*Tabelle 3*

**Ergebnisse eines Fütterungsversuches an 2 Diplopoden-Arten auf Buchenstreu kalkreicher und kalkarmer Standorte**

(Je Versuch 5 Tiere. Gewichtsangaben in mg, bei Futter und Exkrementen bezogen auf lufttrockene Substanz)

| Versuch Nr. | Tierart und Substrat | Mittleres Körpergewicht der Versuchstiere | Gewichtszunahme der Tiere insgesamt | Exkremente insgesamt | Transpirationsverlust insgesamt | Futterverbrauch insgesamt | Futterverbrauch pro Tier und Tag | Futterverbrauch pro Tier u. Tag in % des Körpergewichts | Futterverbrauch pro Tier u. Tag in % des Körpergewichts (Durchschnitt) | CaO-Gehalt des Futters in % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Glomeris marginata* | | | | | | | | | |
| 1 | kalkreich | 166,7 | 26,5 | 4004 | 613 | 4644 | 25,8 | 15,5 | 14,5 | 5,20 |
| 1 a | „ | 171,0 | 6,0 | 3476 | 454 | 3936 | 21,9 | 12,8 | | 5,20 |
| 3 | kalkarm | 175,0 | 2,0 | 3141 | 495 | 3638 | 20,2 | 11,6 | 13 | 4,00 |
| 3 a | „ | 165,5 | 35,0 | 3805 | 409 | 4249 | 23,6 | 14,3 | | 4,60 |
| 5 | kalkreich, tanninvergällt | 179,3 | 29,7 | 3945 | 935 | 4910 | 28,0 | 15,6 | 17 | 5,00 |
| 5 a | „ „ | 149,1 | 16,3 | 3384 | 643 | 4043 | 23,1 | 17,5 | | 5,00 |
| | *Cylindroiulus nitidus* | | | | | | | | | |
| 2 | kalkreich | 66,6 | 6,2 | 875 | 647 | 1528 | 8,5 | 12,8 | 13 | 5,00 |
| 2 a | „ | 59,9 | 9,0 | 933 | 493 | 1435 | 8,0 | 13,3 | | 4,80 |
| 4 | kalkarm | 79,7 | 0,6 | 965 | 187 | 1153 | 6,4 | 8,0 | (8) | 3,40 |
| 4 a | „ | 86,0 | n. b. | (438) | n. b. | (1017) | (5,7) | (6,6) | | 3,40 |
| 6 | kalkreich, tanninvergällt | 54,8 | 8,0 | 773 | 510 | 1291 | 7,4 | 15,2 | 13,5 | 5,40 |
| 6 a | „ „ | 56,6 | 4,0 | 755 | 402 | 1161 | 6,6 | 11,7 | | 6,00 |

des Futters von verschiedenen Standorten. Auch durch eine *künstliche Veränderung des Geschmacks* des Fallaubs ließen sie sich *nicht* beeinflussen.

Die Annahme, *daß die Qualität des Futters an verschiedenen Standorten die Verbreitung der Diplopoden nicht beeinflußt, erhält somit eine weitere Stütze.*

Als Ergebnis aller geschilderten Versuche läßt sich festhalten, daß offenbar *nicht der Kalkgehalt selbst oder ein von ihm abhängiger chemischer Faktor die Ursache für die Beschränkung von C. nitidus auf kalkhaltige Böden ist.* Dies gilt wahrscheinlich ebenso für andere Diplopodenarten, deren Verbreitung uns als kalkgebunden erscheint.

## III. Das Verhalten bodenbewohnender Tierarten gegenüber klimatischen Einflüssen

Die auf S. 6 geschilderten Erfahrungen gaben Anregung zu Versuchen über die Ansprüche, die die Tierarten der Waldbodenstreu an das Kleinklima stellen. Es sollte festgestellt werden, ob die *kalkgebundenen Formen* etwa *einheitliche Ansprüche an das Kleinklima* aufweisen. Falls dies zutrifft, wäre weiter zu ermitteln, ob diese Ansprüche nur in den auf kalkreichen Böden wachsenden Waldgesellschaften erfüllt werden. Somit könnte sich eine mittelbare Abhängigkeit der bodenbewohnenden Tierwelt vom Kalkgehalt auf dem Umweg über den Einfluß der Vegetation und das dadurch bedingte Bestandesklima ergeben.

### *Material*

Außer an Diplopoden wurden auch einige Untersuchungen an Mollusken und Isopoden durchgeführt. Es wurden jeweils Gruppen von zwei oder mehr möglichst nahe verwandten Arten verglichen, die einerseits euryök, andererseits stenök[2] sind. Bei den stenöken Formen handelt es sich hierbei immer um Arten, die in ihrer Verbreitung an Edellaubwälder auf kalkreichen Böden gebunden sind. Die ausgewählten Arten und ihre Biotopansprüche zeigt folgende Übersicht:

| | | |
|---|---|---|
| | *Diplopoden* | |
| *Glomeris marginata* Koch | euryök | |
| *Glomeris hexasticha* (Brdt.) | stenök | Fagetum, Acereto-Fraxinetum |
| *Julus scandinavius* Latz. | euryök | |
| *Tachypodoiulus albipes* Koch | stenök | Acereto-Fraxinetum, nordexponierte Bestände des Querceto-Carpinetum |
| *Cylindroiulus silvarum* Mein. | euryök | |
| *Cylindroiulus nitidus* Verh. | stenök | v. a. Fagetum |
| | *Isopoden* | |
| *Oniscus asellus* (L.) | euryök | jedoch häufiger in den Fagetalia |
| *Ligidium hypnorum* (Cuv.) | stenök | Alnetum, Acereto-Fraxinetum, nordexponierte Bestände des Querceto-Carpinetum athyrietosum |

[2] Diese Begriffe werden hier zunächst nur zur Bezeichnung der mehr oder weniger engen Bindung an eine Waldgesellschaft gebraucht.

*Gastropoden*

| | | |
|---|---|---|
| *Goniodiscus rotundatus* Müll. | euryök | aber häufiger in kühlen, feuchten Beständen |
| *Helicodonta obvoluta* Müll. | stenök | Fagetum, Acereto-Fraxinetum |

Zur Orientierung über die Bodenverhältnisse der genannten Waldtypen sei eine kurze Zusammenstellung gegeben. Im übrigen muß auf die bei Thiele (1956) mitgeteilten Biotopbeschreibungen verwiesen werden.

| Waldtyp | $p_H$-Wert (Mittel und Extreme) | $CaCO_3$-Gehalt |
|---|---|---|
| Fagetum | 7.2 (6.3–8.0) | hoch ≧ 0.4 % |
| Acereto-Fraxinetum | 7.1 (6.7–7.4) | |
| Querceto-Carpinetum athyrietosum | 6.6 (5.5–7.1) | |
| Querceto-Carpinetum polytrichetosum u. degradiertes Q.C. | 4.7. (4.0–5.5) | niedrig ≦ 0.2 % |
| Fageto-Quercetum petraeae | 4.6 (4.0–5.5) | |
| Alnetum | 5.4–6.0 | |

### 1. Die Bedeutung der Vorzugstemperatur für die Verbreitung

Die Vorzugstemperatur (VT) oder das „thermotaktische Optimum" ist im Sinne von Herter derjenige Wärmebereich, den eine Art aktiv aufsucht.

Die Bestimmung der Vorzugstemperatur erfolgte mit der Temperaturorgel von Herter (1924). Die aus Messing bestehende Laufschiene wurde an einem Ende mit Eis-Kochsalz-Mischung gekühlt und am anderen Ende elektrisch geheizt. Es ließen sich Temperaturgefälle von $+ 30^0$ bis $+ 2^0$ erzeugen. Die Laufschiene wurde bei allen Versuchen mit feuchtem Fließpapier belegt; sämtliche Bestimmungen wurden etwa bei Sättigungsfeuchte und in diffusem Tageslicht vorgenommen. Die Ablesungen erfolgten nach etwa halbstündiger Eingewöhnung in Abständen von 5 Minuten.

*Tabelle 4*

**Mittelwerte der Vorzugstemperatur verschiedener Arten der Streufauna**

| Art | Mittelwert der Vorzugstemperatur + °C | Anzahl der Versuchstiere | Zahl der Ablesungen insgesamt |
|---|---|---|---|
| Diplopoden | | | |
| *Glomeris marginata* | 19,2 | 5 | 100 |
| *Glomeris hexasticha* | 20,0 | 5 | 100 |
| *Julus scandinavius* | 16,3 | 3 | 75 |
| *Tachypodoiulus albipes* | 6,2 | 2 | 50 |
| *Cylindroiulus nitidus* | 21,7 | 3 | 75 |
| Isopoden | | | |
| *Oniscus asellus* | 21,6 | 4 | 100 |
| *Ligidium hypnorum* | 18,6 | 4 | 100 |
| Gastropoden | | | |
| *Goniodiscus rotundatus* | 19,6 | 10 | 50 |
| *Helicodonta obvoluta* | 23,1 | 10 | 50 |

Die Versuche ergaben, daß die Mittelwerte der VT aller untersuchten Arten (mit Ausnahme von *Tachypodoiulus albipes)* verhältnismäßig nahe

beieinander liegen, nämlich etwa im Bereich zwischen 16 und 23° (Tab. 4). Diese relativ *niedrigen VT kennzeichnen alle geprüften Formen als Bewohner kühler Waldstandorte.* Die Tierwelt der offenen Landschaft hat wesentliche höhere VT, die meist zwischen 25° und 35° liegen und bei Arten xerothermer Biotope bis zu 40° und mehr ansteigen (Herter 1943).

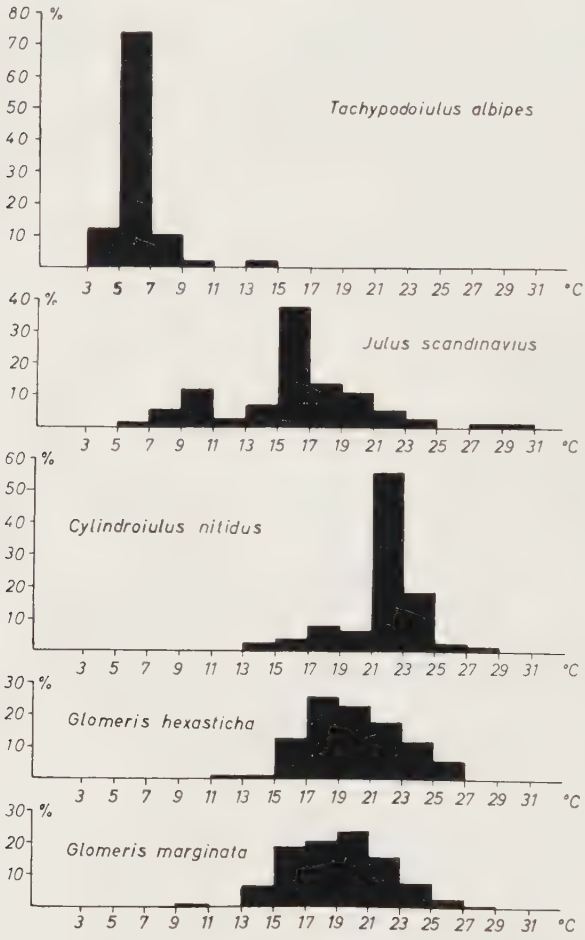


*Abb. 2.* Verteilung der Vorzugstemperaturwerte von Diplopoden aus Waldböden. Abszisse: Temperaturen. Ordinate: Anzahl der Beobachtungen in %

Eine *Beziehung* zwischen den Unterschieden der VT und der Besiedlung der verschiedenen *Waldgesellschaften im einzelnen* ließ sich dagegen bei den geprüften Arten *nicht* feststellen (Abb. 2–4). Von den charakteristischen Tierarten der Edellaubwälder suchen *Cylindroiulus nitidus* und *Helicodonta obvoluta* einen wärmeren, *Tachypodoiulus albipes* und *Ligidium hypnorum* dagegen einen kühleren VT-Bereich auf als die zum Vergleich geprüften verwandten Arten von euryökem Typ. Zwischen *Glomeris marginata* und *G. hexasticha* besteht in der Vorzugstemperatur kein signifikanter Unterschied, obwohl die Arten völlig verschiedene Standortansprüche stellen.

Eine Erklärung der stenöken Verbreitung aus dem Temperaturanspruch läßt sich nur für *T. albipes* geben. Diese Art besiedelt die kühlsten und feuchtesten Standorte der Edellaubwälder. Hier scheint die extrem niedrige VT tatsächlich die Ursache der begrenzten Verbreitung zu sein, da *T. albipes* im Experiment kein Feuchtigkeitsbedürfnis zeigt, das seine Bevorzugung der genannten Standorte erklären könnte (s. S. 15). Die niedrige VT der Art macht auch verständlich, daß Verhoeff (1932) diesen Juliden als einzigen der hier behandelten Diplopoden in den Wintermonaten Dezember und Januar aktiv fand.

Wenn Tischler (1949) angibt, daß die Reaktion auf die Vorzugstempe-

ratur für die Verbreitung von größter Wichtigkeit sei, so gilt dies also in erster Linie für die Verteilung der Arten auf die Biotope im großen (zum Beispiel Wald – offene Landschaft). Für die *unterschiedliche Verteilung innerhalb solcher Großbiotope* (also etwa auf die einzelnen Assoziationen der mesophilen Laubwälder) scheint die Vorzugstemperatur dagegen in den vorliegenden Fällen *nur eine untergeordnete Bedeutung zu haben. Insbesondere kann sie die Bindung von Tierarten an Pflanzengesellschaften kalkreicher Böden nicht erklären.*

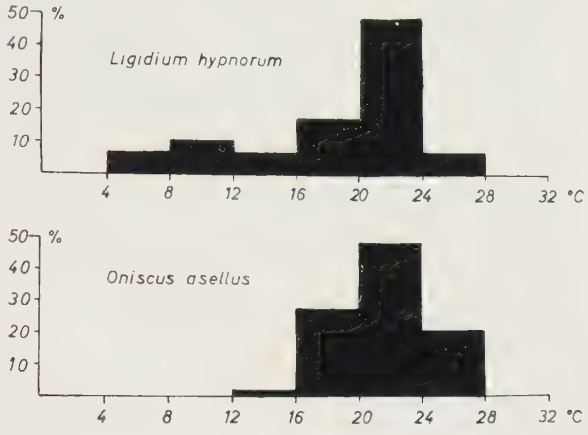


*Abb. 3.* Verteilung der Vorzugstemperaturwerte von Isopoden aus Waldböden. Erl. s. Abb. 2

## 2. Die Bedeutung des Feuchtigkeitsanspruchs für die Verbreitung

Der Anspruch an die Luftfeuchtigkeit wurde geprüft, indem den Tieren die Möglichkeit der Wahl zwischen zwei Kammern von verschiedener relativer Luftfeuchtigkeit (R. F.) geboten wurde. Hierzu wurde die von Gunn & Kennedy (1936) beschriebene Doppelkammer benutzt. Eine Glasdose von 18 cm Durchmesser mit einem eingesetzten Doppelboden aus feiner Drahtgaze wurde durch eine Querwand mit Durchlaßspalte geteilt. In der einen Hälfte der Kammer wurde durch eine unter dem Gazeboden aufgestellte Schale mit Wasser eine R. F. von 75 % erzielt, in der anderen Hälfte durch Trocknung mit konzentrierter Schwefelsäure eine solche von 35–40 %. Es wurde an Hand zahlreicher Ablesungen registriert, in wieviel Prozent der Fälle sich die Tiere in der feuchten Kammerhälfte aufhielten. Dieser Prozentsatz kann als Maß des Feuchtigkeitsanspruchs einer Art betrachtet werden.

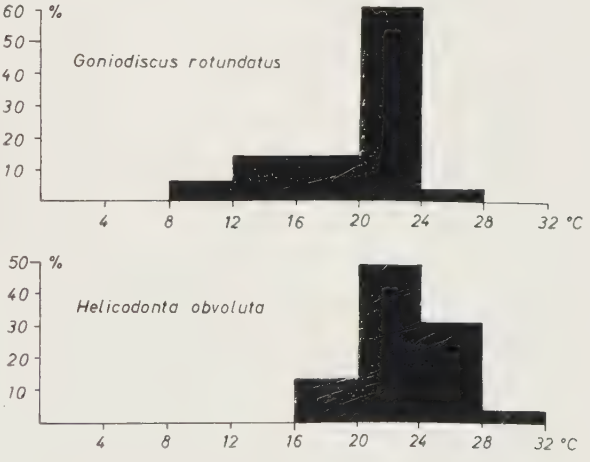


*Abb. 4.* Verteilung der Vorzugstemperaturwerte von Gastropoden aus Waldböden. Erl. s. Abb. 2

Für den Versuch mit *Ligidium hypnorum* mußte die Versuchsanordnung etwas abgeändert werden, da diese durch Kiemen atmende Assel bei weniger als Sättigungsfeuchte nur wenige Minuten lebensfähig ist. Daher wurde in diesem Falle der Boden der einen Kammerhälfte mit angefeuchtetem Fließpapier belegt und damit in dieser etwa 100 % R. F. erzielt. Die Assel *Oniscus asellus* wurde nach beiden Methoden geprüft, wobei sich für die Aufenthaltswahl in der feuchten Kammerhälfte sehr übereinstimmende Werte ergaben (ohne Fließpapier 83,3 % bei 90 Ablesungen, mit Fließpapier 81,7 % bei 60 Ablesungen).

Die Untersuchungen an den beiden *Glomeris*-Arten wurden in einer linearen Feuchtigkeitsorgel von 110 cm Länge durchgeführt. Auch dieses Gerät besaß einen Doppelboden aus Drahtgaze, unter dem an einem Ende eine Wasserschale aufgestellt war. Über dem Boden war an dieser Seite außerdem ein mit feuchtem Stoff gefülltes Drahtkörbchen aufgehängt. In dieser Feuchtigkeitsorgel ließ sich ein Feuchtigkeitsgefälle von 100–50 % erzielen. Als Maß der Feuchtigkeitspräferenz wurde in diesem Versuch der Prozentsatz der Registrierungen im Bereich über 90 % R. F. erfaßt. In allen Fällen erfolgten die Ablesungen nach etwa halbstündiger Eingewöhnungszeit in Abständen von fünf Minuten. An Mollusken lassen sich Präferenzversuche gegenüber der Luftfeuchtigkeit nicht durchführen, weil sie keinerlei hygrotaktisches Verhalten zeigen (vgl. auch VON BUDDENBROCK 1952). Für eine in höchstem Maße auf Feuchtigkeit angewiesene Tiergruppe ist dieses Verhalten sehr auffällig. Bei der Nacktschnecke *Arion circumscriptus* JOHNST. war festzustellen, daß sie in der beschriebenen Feuchtigkeitsorgel den Bereich der zur Erhaltung des Lebens notwendigen Feuchtigkeit nicht findet, sondern nach wahllosem Umherkriechen im Bereich zwischen 45 und 80 % R. F. vertrocknet.

Alle Versuche wurden bei einer Temperatur von etwa 20° ausgeführt.

*Tabelle 5*

**Feuchtigkeitspräferenz verschiedener Arten der Streufauna**

| Art | Feuchtigkeits-präferenz in % (s. Text) | Anzahl der Versuchstiere | Zahl der Ablesungen insgesamt |
|---|---|---|---|
| Diplopoden | | | |
| *Glomeris marginata* | 36,4 | 2 | 88 |
| *Glomeris hexasticha* | 60,2 | 2 | 88 |
| *Tachypodoiulus albipes* | 37,1 | 5 | 70 |
| *Cylindroiulus silvarum* | 33,0 | 8 | 112 |
| *Cylindroiulus nitidus* | 76,2 | 6 | 84 |
| *Julus scandinavius* | 79,0 | 2 | 100 |
| Isopoden | | | |
| *Oniscus asellus* | 83,3 | 6 | 90 |
| *Ligidium hypnorum* | 95,6 | 6 | 90 |

Im Gegensatz zu den relativ einheitlichen VT zeigen die untersuchten Arten gegenüber der Luftfeuchtigkeit ganz unterschiedliche Ansprüche (Tab. 5). *Dabei weisen nun in fast allen Fällen die „kalk"steten Arten,* Formen also, die sich als Differentialarten der Edellaubwälder erwiesen haben, *eine ausgeprägte Feuchtigkeitspräferenz auf.* Sie ist im allgemeinen signifikant höher als bei nahe verwandten euryöken Arten, die in verschiedenen Waldgesellschaften verbreitet sind (v. a. auch in den bodensauren Buchen-Traubeneichenwäldern). Diese weisen im allgemeinen im Versuch keine Feuchtigkeitspräferenz auf. Eine Ausnahme bildet *Julus scandinavius*, dessen sehr hohe Feuchtigkeitspräferenz für eine so euryöke Art auffallend ist. Auch BARLOW (1957) fand bei *Julus scandinavius* hohe Feuchtigkeitspräferenz und wies auf dieses eigenartige Verhalten hin.

*Glomeris marginata,* die den Schwerpunkt ihrer Verbreitung im Buchen-Traubeneichenwald hat, zeigt Feuchtigkeitspräferenz nur in 36,4 % der Fälle. Dagegen wählte *G. hexasticha,* die streng kalkgebunden ist, in 60,2 % der Fälle ihren Aufenthalt im feuchten Bereich. *G. hexasticha* lebt nur im Fagetum und Acereto-Fraxinetum; dieser Art genügen die Feuchtigkeitsverhältnisse des Querceto-Carpinetums bereits nicht mehr. *Cylindroiulus nitidus* hat ebenfalls eine hohe Feuchtigkeitspräferenz von 76,2 %. Die maximale Siedlungsdichte erreicht die Art ebenfalls im Fagetum. Auch das Querceto-Carpinetum athyrietosum ist noch gut besiedelt. Wenn *C. nitidus* im eben-

falls sehr feuchten Acereto-Fraxinetum wieder seltener wird, so ist dies wahrscheinlich dadurch bedingt, daß die Art ausgesprochen nasse Böden nicht erträgt. Wegen der zu nassen Böden ist das Erlenbruch, dessen Luftfeuchtigkeitsverhältnisse an sich günstig wären, für *C. nitidus* völlig unbewohnbar. (Formen, die in den Fagetalia und im Alnetum auftreten, sind Feuchtigkeitspräferenten, die auch nasse Böden ertragen. Gegen direkte Nässe empfindliche Arten, die aber trotzdem hohe Luftfeuchtigkeit beanspruchen, leben nur in den Fagetalia.) Wieder im Gegensatz zu seinem Gattungsverwandten zeigt *C. silvarum*, der v. a. die Buchen-Traubeneichenwälder besiedelt, nur eine Feuchtigkeitspräferenz in 33,0 % der Fälle.

Die geprüften Asseln zeigen beide hohe Feuchtigkeitspräferenz. *Ligidium hypnorum* hatte mit 95,6 % den höchsten Wert überhaupt. Diese Art ist wieder im allgemeinen an kalkhaltige Böden gebunden; sie meidet die Buchen-Traubeneichenwälder völlig. Ihr Auftreten im bodensauren, kalkarmen Erlenbruch zeigt jedoch bereits, daß ihre Bindung an Kalk nicht obligatorisch ist. *Oniscus asellus* ist weniger feuchtigkeitsbedürftig (83,3 %) und kommt auch vereinzelt im Buchen-Traubeneichenwald vor, jedoch viel seltener als in den Wäldern auf Kalkböden. Immerhin ist auch das Feuchtigkeitsbedürfnis der Art noch sehr hoch.

Von den geprüften „kalk"steten Arten zeigte nur *Tachypodoiulus albipes* keine Feuchtigkeitspräferenz. Diese Art dringt auch verhältnismäßig zahlreich in bodensaure Pflanzengesellschaften ein (Abb. 1). Sie besiedelt v. a. das Querceto-Carpinetum polytrichetosum recht stark. Wenn die Art bei uns überwiegend Standorte von Edellaubwäldern bewohnt, so liegt dies wahrscheinlich an ihrem Temperaturanspruch (s. S. 12). Nur die Edellaubwälder bieten hier die Bedingungen für ein so kühles Klima, wie es *T. albipes* als Optimum verlangt.

Die vorliegenden Befunde an Diplopoden und Isopoden zeigen deutlich, *daß die Kalkstetigkeit, genauer gesagt die Bindung an Waldgesellschaften kalkreicher Böden, Hand in Hand mit einem Anspruch an hohe und gleichmäßige Luftfeuchtigkeit geht.*

Hierfür lassen sich noch weitere Belege anführen. Bei Siebeproben, die erst nach eintägigem Stehen bearbeitet wurden, zeigte sich häufig, daß alle Exemplare von *Lithobius piceus* Koch bereits unter Anzeichen des Vertrocknens verendet waren, während *Lithobius dentatus* Koch keine Schädigung davongetragen hatte. *Lithobius piceus* ist aber streng an Edellaubwälder gebunden, während *Lithobius dentatus* alle Waldtypen besiedelt. Die Tatsache, daß gewisse Chilopodenarten als räuberische Tiere an Kalk gebunden sind, läßt sich schwer deuten, wenn man sie als unmittelbare Beziehung zu chemischen Eigenschaften des Bodens zu verstehen sucht (Thiele 1956). Wahrscheinlich beruhen diese Beziehungen aber in Wirklichkeit auf unterschiedlichen Klimaansprüchen der Arten, die mit verschiedenem Kleinklima in den Assoziationen auf Böden verschiedenen Kalkgehalts korrespondieren. *Glomeris intermedia* Latz. kommt im Bergischen Lande nur in Buchen-Traubeneichenwäldern auf sauren Böden vor. Dagegen besiedelt die Art im Nahetal submediterran getönte Eichen-Hainbuchenwälder. *Glomeris intermedia* ist also offenbar nicht an niedriges pH, sondern an ein wärmeres und trockeneres Kleinklima gebunden. Bezeichnend ist auch, daß am gleichen Standort an der Nahe *Cylindroiulus silvarum* auftritt, während *Cylindroiulus nitidus* in den dortigen Edellaubwäldern fehlt.

Es fragt sich nun, ob zwischen den Edellaubwäldern auf kalkreichen und den Buchen-Traubeneichenwäldern auf kalkarmen Böden Unterschiede im Feuchtigkeitshaushalt bestehen, die es gestatten, den experimentell ermittelten hohen Feuchtigkeitsanspruch gewisser Tierarten als Ursache ihrer scheinbaren Kalkstetigkeit anzunehmen. Das ist in der Tat der Fall, wie durch Messungen von Burrichter (1953) geklärt wurde. Burrichter untersuchte Waldtypen im Teutoburger Wald, die mit den im Bergischen Lande vorkommenden weitgehend übereinstimmen. Dabei ergab sich bei vergleichenden Klimamessungen im trockenen Eichen-Hainbuchenwald und im azidophilen Buchenmischwald (der unserem Buchen-Traubeneichenwald entspricht) ein großer Unterschied im Feuchtigkeitshaushalt. Während vier Stunden wurde in 10 cm Höhe im Eichen-Hainbuchenwald eine Evaporation von 1,5 cmm gemessen, im bodensauren Buchenmischwald 8,0 cmm. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug im gleichen Zeitraum im Eichen-Hainbuchenwald 77,8 %, im bodensauren Buchenmischwald nur 68,6 % (im Mittel). In einem anderen Falle wurde im Eichen-Hainbuchenwald in 13 Stunden eine Evaporation von 5,0 cmm gemessen, im bodensauren Buchenmischwald dagegen eine solche von 14,5 cmm. Dabei liegt die Evaporation im trockenen Eichen-Hainbuchenwald noch verhältnismäßig hoch. Im Fagetum ist sie noch geringer; die Unterschiede zwischen dem Feuchtigkeitshaushalt dieser Assoziation und demjenigen der bodensauren Buchenmischwälder dürften also noch größer sein. Burrichter stellt Messungen aus dem Grasbuchenwald, der dem Eichen-Hainbuchenwald im Feuchtigkeitshaushalt nahekommen dürfte, und dem Krautbuchenwald (der etwa unserem Fagetum entspricht) gegenüber. Dabei fanden sich an verschiedenen Tagen in 10 cm Höhe während 12 Stunden folgende Werte für die Evaporation (in cmm):

| Grasbuchenwald | Krautbuchenwald |
|---|---|
| 9,5 | 3,5 |
| 7,0 | 2,5 |
| 10,5 | 9,5 |
| 47,0 | 34,0 |

Die Untersuchungen von Burrichter erweisen die *hohe und gleichmäßige Luftfeuchtigkeit, die in den Edellaubwäldern im Gegensatz zu den bodensauren Buchenmischwäldern* herrscht.

Burrichter charakterisiert den Klimaunterschied wie folgt:

„Die geringe Evaporation und die relativ hohe Luftfeuchtigkeit im trokkenen Eichenhainbuchenwald mit gut ausgebildeter Strauch- und Krautschicht wirken sich besonders günstig auf die anhaltende Bodenfrische dieser Gesellschaft und damit das Bodenleben aus. Demgegenüber liegen die Evaporationswerte im azidophilen Buchenmischwald mit aufgeforsteter Buche mehr als doppelt so hoch und die Luftfeuchtigkeit wesentlich tiefer. Diese Verhältnisse ziehen naturgemäß bei den wechselnden Witterungseinflüssen unseres Gebietes größere Feuchtigkeitsschwankungen als im trockenen Eichenhainbuchenwald nach sich. Von einer weitgehend konstanten Bodenfrische kann hier nicht die Rede sein."

Eigene Vergleichsmessungen des Klimas der bodennahen Luftschicht im Eichen-Hainbuchen- und Buchen-Traubeneichenwald ergaben entsprechende

Befunde[3]. Die Messungen erfolgten in den Beständen La (Eichen-Hainbuchenwald) und Bu I (Buchen-Traubeneichenwald), deren genaue Beschreibung früher gegeben wurde (THIELE 1956). Beide Bestände liegen im Stadtgebiet von Wuppertal in gleicher Höhenlage (200–220 m) und im gleichen Großklimabereich (zwischen den Isohyeten von 1100 und 1200 mm). Am 26. 8. 1958 (einem feuchten Tag nach vorhergehendem Regen) wurden in 5 cm Höhe Messungen von relativer Luftfeuchtigkeit und Evaporation ausgeführt. Dabei zeigte sich, daß die R. F. im Eichen-Hainbuchenwald viel höher und ausgeglichener ist als im Buchen-Traubeneichenwald. Die Evaporation zeigte noch größere Unterschiede an den beiden Standorten. Es wurden an je 6 Stationen in 5 cm Höhe am 26. 8. 1958 während 5 Stunden mit Piche-Evaporimetern folgende Verdunstungswerte gemessen (in $cm^3$):

| Eichen-Hainbuchenwald | Buchen-Traubeneichenwald |
|---|---|
| 0,05 | 0,20 |
| 0,10 | 0,25 |
| 0,10 | 0,25 |
| 0,10 | 0,25 |
| 0,10 | 0,40 |
| 0,15 | 0,85 |

Obwohl es sich beim Standort des Buchen-Traubeneichenwaldes um einen nordexponierten Hang mit verhältnismäßig üppiger Vegetation handelt (der Standort also wahrscheinlich feuchter ist als der Durchschnitt dieses Waldtyps), ist die Verdunstung also hier mehr als dreimal so groß wie im Eichen-Hainbuchenwald, und sie zeigt auch viel größere Unterschiede zwischen den einzelnen Stationen. Diese Unterschiede im Kleinklima der beiden Waldgesellschaften waren an einem heißen Tage etwas geringer, aber immer noch deutlich ausgeprägt. Auch Messungen an anderen Standorten führten immer zum gleichen Befund über den Feuchtigkeitshaushalt der beiden Waldtypen (eine ausführliche Darstellung der Meßergebnisse ist in anderem Zusammenhang vorgesehen).

Die vorliegenden Messungen bestätigen die Feststellungen, die BURRICHTER (1953) über das Kleinklima verschiedener Waldtypen im Teutoburger Wald getroffen hat.

Es ist daher berechtigt, den in einer Reihe von Fällen bei Tierarten der Edellaubwälder festgestellten *hohen Feuchtigkeitsanspruch zur Erklärung ihrer Verbreitung heranzuziehen.*

## IV. Diskussion der Ergebnisse: Die Kalkbindung als Folge kleinklimatischer Ansprüche

Für die untersuchten Diplopoden und Isopoden, ebenso wahrscheinlich für manche Chilopoden, kann angenommen werden, daß die bei manchen Arten beobachtete *Bindung an Waldgesellschaften auf Kalkböden nicht auf einen direkten Einfluß von Kalk und pH zurückzuführen ist.* Die *chemische Zusammensetzung des Bodens bedingt vielmehr eine charakteristische Vegetation,* die wiederum ein ganz spezifisches Kleinklima hervorbringt. Dieses

[3] Die früher (THIELE 1956) vermutungsweise geäußerte Ansicht, daß Fagetum und Fageto-Quercetum ähnliches Kleinklima hätten, muß korrigiert werden. – Für seine Hilfe bei der Durchführung der Klimamessungen möchte ich Herrn W. KOLBE, Sprockhövel, auch an dieser Stelle herzlich danken.

ist letzlich *entscheidend für die Verbreitung vieler Bodentiere*. Dabei kommt der *Luftfeuchtigkeit* eine besondere Bedeutung zu. Wahrscheinlich ist auch bei weiteren Tierarten „Kalk"stetigkeit eine indirekte Bindung, die klimatische Ursachen hat.

Auf Grund der geschilderten Versuche sowie einiger Beobachtungen bei der Haltung weiterer Arten läßt sich nunmehr für eine Reihe von Isopoden, Diplopoden und Chilopoden der Wälder des Bergischen Landes (Thiele 1956) eine Gruppierung nach dem Feuchtigkeitsanspruch aufstellen. Dabei ergibt sich eine Anordnung, die eine Parallele zur Verteilung der Arten auf die verschieden feuchten Waldtypen darstellt (Tab. 6).

*Tabelle 6*

**Feuchtigkeitsanspruch und besiedelter Biotop bei verschiedenen Arten der Streufauna**
(Arten, mit denen experimentiert wurde, sind gesperrt gedruckt)

| Feuchtigkeitsanspruch | Besiedelte Pflanzengesellschaften | Arten |
|---|---|---|
| Hoher Anspruch an Luftfeuchtigkeit bei gleichzeitiger Fähigkeit, nasse Böden zu ertragen | Alnetum<br>Fagetalia | *Ligidium hypnorum*<br>*Trichoniscus pusillus* |
| Hoher Anspruch an Luftfeuchtigkeit, aber empfindlich gegen Nässe | nur Fagetalia | *Philoscia muscorum*<br>*Glomeris hexasticha*<br>*Cylindroiulus nitidus*<br>*Lithobius piceus* |
| Etwas geringere Ansprüche an Luftfeuchtigkeit | Fagetalia teilweise in das Fageto-Quercetum petraeae eindringend | *Oniscus asellus*<br>*Tachypodoiulus albipes*[1] |
| Indifferent gegen Feuchtigkeit | euryök | *Glomeris marginata*<br>*Cylindroiulus silvarum*<br>*Lithobius dentatus* |

[1] Bindung an Fagetalia aus thermischen Gründen.

Auch in einzelnen anderen Fällen konnte schon nachgewiesen werden, daß die Bindung von Tierarten an bestimmte Böden, für die früher eine chemische Ursache vermutet wurde, in Wirklichkeit klimatisch bedingt ist. Lindroth (1949) untersuchte die Bindung von Arten der Carabidengattung *Harpalus* an Kalk in Skandinavien. Als Ursache konnte die Präferenz hoher Temperaturen nachgewiesen werden (bei allen untersuchten Arten handelte es sich um Bewohner der offenen Landschaft). Tatsächlich liegen die Minima der Bodentemperatur in diesem Falle auf Kalk höher als auf Silikatböden, wodurch die jährliche Aktivitätsperiode dieser Arten beträchtlich verlängert wird.

Für früher als azidophil angesehene tyrphobionte Tierarten konnte schon Peus (1932) an Hand ihres Verbreitungsbildes zeigen, daß es sich in Wirklichkeit um Arten mit speziellen Klimaansprüchen (meist an hohe Sommertemperaturen) handelt, die im atlantischen Klimabereich nur auf Hochmooren erfüllt sind. Außerhalb dieses Klimabereichs – in kontinentalen Gebieten – sind die betreffenden Arten euryök. Strübing (1955) konnte bei tyrphobionten Zikaden auch experimentell nachweisen, daß sie das Hochmoor aus thermischen Gründen besiedeln.

Die Untersuchungen von Baltzer (1956) an Regenwürmern zeigen, daß die an Kalkböden gebundenen *Allolobophora-* und *Octolasium*-Arten im Gegensatz zu euryöken *Lumbricus*-Arten auch hohe Ansprüche an die Bodenfeuchtigkeit stellen. Allerdings kommt in diesem Falle sicher auch dem Chemismus des Bodens eine wichtige Rolle zu.

Perttunen (1953) konnte nachweisen, daß Diplopoden sehr verschieden auf Unterschiede der Relativen Luftfeuchtigkeit reagieren, und er zeigte bereits einen Zusammenhang zwischen Feuchtigkeitspräferenz und Biotopwahl der Arten. Auch Barlow (1957) erkannte bei einigen Diplopoden den Feuchtigkeitsbedarf als bestimmend für die Verbreitung. Die vorliegenden Untersuchungen zeigen, daß auch die scheinbare Bindung an Böden von bestimmter chemischer Zusammensetzung bei Diplopoden in Wirklichkeit durch deren Feuchtigkeitsansprüche bedingt ist. Die außerordentliche Bedeutung des Feuchtigkeitsfaktors für die Biotopwahl wurde von G. Schmidt (1956 und 1957) auch auf Grund von Stoffwechseluntersuchungen bei Carabus herausgearbeitet.

Diese Befunde deuten im Zusammenhang mit den hier vorliegenden Untersuchungen darauf hin, daß in vielen Fällen eine Bindung von Tierarten an bestimmte Bodentypen ihren Grund in einem besonderen Kleinklima dieser Standorte hat. Verallgemeinerungen sind dabei, wie schon die wenigen bisher untersuchten Fälle zeigen, nicht angebracht. Für jede Tiergruppe, wenn nicht gar für jede Art, und für jeden Biotoptyp ist vielmehr eine eigene Untersuchung anzustreben, um zu sicheren Aussagen zu gelangen.

## Zusammenfassung

1. Die Ansprüche einiger bodenbewohnender Tierarten (v. a. Diplopoden) gegenüber Kalkgehalt und $p_H$-Wert des Bodens, Nahrung und Kleinklima wurden experimentell geprüft, um eine Erklärung für die Bindung bestimmter Formen an Waldgesellschaften kalkreicher Böden zu erhalten.
2. Die chemischen Eigenschaften der Kalkböden und der auf ihnen gebildeten Streu (als Futter) üben keinen Einfluß auf die geprüften Arten aus, der ihre Verbreitung erklären könnte. Insbesondere erfolgt keine Schädigung eines kalkgebundenen Diplopoden – *Cylindroiulus nitidus* – durch niedrigen $p_H$-Wert des Substrates oder länger dauernde Fütterung mit kalkärmerer Streu von einem bodensauren Standort. Künstliche Vergällung der als Futter gereichten Streu mit Tannin hat auf Diplopoden keine abschreckende Wirkung.
3. Die Bindung der untersuchten Diplopoden und Isopoden – und wahrscheinlich auch anderer bodenbewohnender Tierarten – an Pflanzengesellschaften auf Kalkböden ist durch die klimatischen Bedürfnisse dieser Arten bedingt. Dabei spielt der Temperaturanspruch eine geringe Rolle. Entscheidend ist in den vorliegenden Fällen der Anspruch der „kalk"-steten Tierarten an hohe und gleichmäßige Luftfeuchtigkeit, der nur in den Waldgesellschaften auf Kalk (Fagetalia) mit ihrem ausgeglichenen Feuchtigkeitshaushalt erfüllt wird.

## Summary

1. The requirements of some soil inhabiting animals, particularly Diplopods, as regards lime content and pH of the soil, food and microclimate were investigated experimentally to explain the adherence of certain forms to woodland communities with soil rich in lime.
2. The chemical characteristics of calcareous soils and the litter formed on them (as food) have no effect on the species investigated that could explain their distribution. In particular, a Diplopod associated with lime, *Cylindroiulus nitidus*, suffers no injury from a substrate with a low pH or from feeding for a long time on litter poor in lime from an acid soil habitat. Artificial denaturing of the litter with tannin has no deterrent effect on Diplopods.
3. The association of the Diplopods and Isopods studied – and possibly other soil inhabiting animals – with plant communities on calcareous soils, is due to the climatic requirements of the species. The temperature requirements play a certain part but, in the cases under consideration, the decisive factor is the demand of these "lime" species for a high and uniform atmospheric humidity which is only fulfilled by the woodland communities on lime (Fagetalia) with their balanced water economy.

## Literatur

Arrhenius, O.: Influence of soil reactions on earthworms. Ecology **2**, 1921.
Baltzer, R.: Die Regenwürmer Westfalens. Zool. Jb. (Syst.) **84**, 1956.
Barlow, C. A.: A factorial analysis of distribution in three species of diplopods. Tijdschr. Entomol. **100**, 1957.
Blumberger, W.: Untersuchungen über den Calziumstoffwechsel bei Pulmonaten. Dissertation Köln 1959.
Brenner, W.: Beiträge zur edaphischen Ökologie der Vegetation Finnlands. Acta Bot. Fennica **7**, 1930.
v. Buddenbrock, W.: Vergleichende Physiologie **1**. Sinnesphysiologie. Basel 1952.
Burrichter, E.: Die Wälder des Meßtischblattes Iburg, Teutoburger Wald. Abh. Landesmus. Naturkde. Münster i. W. **15**, 1953.
van der Drift, J.: Analysis of the animal community in a beech forest floor. Tijdschr. Entom. **94**, 1951.
Dunger, W.: Über die Zersetzung der Laubstreu durch die Boden-Makrofauna im Auenwald. Zool. Jb. (Syst.) **86**, 1958.
Franz, H. & Leitenberger, L.: Biologisch-chemische Untersuchungen über Humusbildung durch Bodentiere. Österr. Zool. Z. **1**, 1948.
Geyer, D.: Unsere Land und Süßwassermollusken. 3. Aufl. Stuttgart 1927.
Gunn, D. L. & Kennedy, I. S.: Apparatus for investigating the reactions of land arthropods to humidity. J. Exp. Biol. **13**, 1936.
Herter, K.: Untersuchungen über den Temperatursinn einiger Insekten. Z. vergl. Physiol. **1**, 1924.
— Die Beziehungen zwischen Ökologie und Thermotaxis der Tiere. Biologia generalis **17**, 1943.
Knapp, R. & Linskens, H. F.: Über Aminosäuren aus der Blattstreu einiger Pflanzenarten von Wäldern auf verschiedenen Böden. Naturwiss. **41**, 1954.
Kühnelt, W.: Bodenbiologie. Wien 1950.
Kuhn, O. u. Fuchs, H.: Über die Vorbereitung der Kalkschalenbildung bei Balanidenlarven. Naturwissenschaften **41**, 1954.
Lais, R.: Die Beziehungen der gehäusetragenden Landschnecken Südwestdeutschlands zum Kalkgehalt des Bodens. Arch. Molluskenkde. **75**, 1943.
Lindroth, C.: Die fennoskandischen *Carabidae* **3**. Medd. Göteborgs Mus. Zool. Adv. **122**, 1949.

Lyford, W. H.: The palatability of freshly fallen forest tree leaves to Millipeds. Ecology **24**, 1943.
Mac Lagan, D. S.: The ecological significance of soil reaction ($p_H$ value) in relation to terrestrial animals. Proc. R. Phys. Soc. Edinb. **22**, 1933.
Perttunen, V.: Reactions of Diplopods to the relative humidity of the air. Ann. Zool. Soc. Zool. Bot. Fenn. „Vanamo" **16**, 1953.
Peus, F.: Die Tierwelt der Moore. Handb. d. Moorkde. **3**. Berlin 1932.
Rensch, B.: Über die Abhängigkeit der Größe, des relativen Gewichtes und der Oberflächenstruktur der Landschneckenschalen von den Umweltfaktoren. Z. Morph. Ökolog. Tiere **25**, 1932.
Schmidt, G.: Der Einfluß des Wasserhaushalts und Stoffwechsels auf die Vorzugstemperatur der Insekten. Biol. Zbl. **75**, 1956.
— Die Bedeutung des Wasserhaushalts für das ökologische Verhalten der Caraben (*Ins. Coleopt.*). Z. angew. Entom. **40**, 1957.
Schmidt, H.: Nahrungswahl und Nahrungsverarbeitung bei Diplopoden (Tausendfüßlern). Mitt. Naturw. Ver. Steiermark **81/82**, Graz 1952.
Schmidt, H. A.: Zur Abhängigkeit der Entwicklung von Gehäuseschnecken vom Kalkgehalt des Bodens. Dargestellt bei *Oxychilus draparnaldi*. Arch. Molluskenkde. **84**, 1955.
Strübing, H.: Beiträge zur Ökologie einiger Hochmoorzikaden (*Homoptera – Auchenorrhyncha*). Österr. Zool. Z. **6**, 1955.
Thiele, H. U.: Die Tiergesellschaften der Bodenstreu in den verschiedenen Waldtypen des Niederbergischen Landes. Z. angew. Entom. **39**, 1956.
Tischler, W.: Grundzüge der terrestrischen Tierökologie. Braunschweig 1949.
Trübsbach, P.: Der Kalk im Haushalt der Mollusken. Arch. Molluskenkde. **75**, 1943 und **76**, 1947.
Verhoeff, K. W.: Klasse *Diplopoda*. In: Bronns Klassen und Ordnungen des Tierreichs. Bd. **5**, 2. Abt., 2. Buch. Leipzig 1932.

*Aus dem Holzschutzlaboratorium der Farbenfabriken Bayer A. G. Krefeld-Uerdingen*

# Versuche zur Bekämpfung von *Anobium punctatum* mit Symbionticiden

(Ein Beitrag zur experimentellen Symbioseforschung)

Von W. Behrenz und G. Technau

Durch die Arbeiten Buchners, seiner Schüler und anderer Forscher wissen wir, daß zahlreiche Insekten in Lebensgemeinschaft mit niederen Organismen wie Bakterien, Pilzen und Protozoen leben. Wir finden diese Mikroorganismen entweder frei in Körperhöhlen oder in den Zellen der verschiedensten Organe eingeschlossen. Ihre Übertragung von Generation zu Generation ist durch bestimmte Vorkehrungen gesichert. Aus dieser Erblichkeit der Symbiosen läßt sich bereits auf eine gewisse Notwendigkeit der Symbionten für ihre Wirtstiere schließen. In einigen Fällen gelang der experimentellen Symbioseforschung hierfür der experimentelle Beweis (Cleveland 1926, 1928; Koch 1933; Aschner 1932 und Aschner u. Ries 1933).

Auch unter den Arthropoden, die für den Menschen schädlich sind, leben viele in Symbiose mit Mikroorganismen. Vor allem findet man viele unter den Blut- und Pflanzensaftsaugern und den Holzzerstörern. Handelt es sich bei diesen Symbiosen um lebensnotwendige Verbindungen, was sicher bei einer großen Zahl zutreffen wird, dann wäre die Bekämpfung eines solchen Schädlings nicht nur direkt, sondern auch auf dem Wege über seine Symbionten denkbar, da dann der Tod des Symbionten auch den Tod des Wirtes zur Folge haben muß. In der Anwendung von Symbiontengiften oder Symbionticiden eröffnet sich uns damit ein neuer Weg der Schädlingsbekämpfung.

Es mag zunächst vielleicht unverständlich erscheinen, warum die Bekämpfung eines Schädlings auf dem Umwege über seine Symbionten erfolgen soll, da wir über genügend wirksame Schädlingsbekämpfungsmittel verfügen, durch welche die Schädlinge direkt abgetötet werden können. Die Anwendung von Symbionticiden hat jedoch einen großen Vorteil gegenüber dem Gebrauch der meisten bekannten Schädlingsbekämpfungsmittel auf Atem-, Fraß- und Kontaktgift-Basis. Es können durch sie nur die Schädlinge selbst, nicht dagegen ihre für uns so wichtigen natürlichen Feinde und die übrigen harmlosen Arthropoden getötet werden. Wegen der großen Fülle der bei Arthropoden vorkommenden symbiotischen Lebensbeziehungen eröffnen sich uns daher Möglichkeiten eines mehr spezifischen, d. h. nicht nur für den Menschen und die Säugetiere, sondern auch für die Arthropoden, die wir nicht zu töten beabsichtigen, ungefährlicheren Schädlingsbekämpfung. Ein solcher Weg sollte daher trotz der mit ihm verbundenen Nachteile überall dort in Erwägung gezogen werden, wo er möglich erscheint.

Folgende Voraussetzungen müssen für die erfolgreiche Anwendung eines Symbionticides gegeben sein: Der Schädling muß in einem lebensnotwendigen symbiotischen Verhältnis zu irgendeinem Mikroorganismus stehen und muß zur peroralen Aufnahme der Symbionticide befähigt sein, d. h. es muß die Möglichkeit bestehen, sie ihm in seiner natürlichen Nahrung oder in Ködern zu reichen. Bei der Beurteilung des Erfolges einer derartigen Bekämpfung muß man bedenken, daß je nach Enge des symbiotischen Bündnisses die Schädlinge unter Umständen erst nach einiger Zeit an dem Symbiontenverlust zugrunde gehen, die Wirkung also nie eine so schlagartige sein kann wie mit den modernen Kontaktinsektiziden. Hierdurch wird die Anwendung von Symbionticiden in der Schädlingsbekämpfung von vornherein erheblich eingeschränkt.

Die ersten Versuche, Insekten durch Symbionticide zu bekämpfen, wurden bereits unternommen. Goetsch (1946) gelang es durch Tränken von Holz mit Antibiotica, Sulfonamiden, Pyridin-, Pyrimidin-, Chinolin- und Acridin-Derivaten, ferner mit heterocyclischen Verbindungen mit negativem Substituenten wie z. B. 7-Jod-8-oxy-chinolin-5-sulfosäure, in Termiten, die von dem Holz fraßen, die zu den polymastiginen Flagellaten gehörenden Symbionten abzutöten. Die ihrer Symbionten beraubten Termiten gingen an Kohlehydratmangel zugrunde, da sie ohne die Flagellaten die Holzcellulose nicht aufzuschließen vermögen.

Steinhaus und Bell (1953) töteten durch Zugabe von Antibiotica zum Getreide Korn- und Reiskäfer in 1–2 Monaten ab und führten dies auf eine Schädigung der Bakteriensymbionten zurück.

Termiten sind für die Bekämpfung mit Symbionticiden keine geeigneten Objekte, da der Kampf gegen die Termiten in erster Linie ein Materialschutz ist. Es würde bei dem Individuenreichtum der Termitenstaaten genügen, wenn jede Termite nur ein einziges kleines Stück eines mit Symbionticiden getränkten Holzes fressen würde, um dieses in kurzer Zeit gänzlich zu zerstören. Zur Imprägnierung von Holz und anderen Materialien gegen Termiten sind daher nur Kontaktgifte oder Repellents geeignet. Günstiger liegen die Verhältnisse bei denjenigen Holzzerstörern, die während ihrer ganzen Larvenentwicklung ununterbrochen im Holz leben und sich davon ernähren wie z. B. die Anobiiden, die ebenfalls Symbionten in ihrem Innern beherbergen. Da auch die übrigen Voraussetzungen für die Anwendung von Symbionticiden bei den Anobiiden günstig sind, untersuchten wir die Möglichkeit, Holz auf diesem Wege gegen sie zu schützen.

## Material und Methoden

Wegen seiner großen praktischen Bedeutung wählten wir die Totenuhr, *Anobium punctatum,* als Versuchstier. Das Larvenmaterial wurde entweder dem Freiland oder unserer Zucht entnommen. Die auf ihre symbionticide Wirksamkeit zu prüfenden Substanzen wurden in verschiedenen Mengen in Kiefern- und Erlenholzklötzchen von $1^1/_2 \times 2^1/_2 \times 5$ ccm Größe eingebracht, indem sie eine halbe Stunde bei 100 mm Hg in wäßrigen oder acetonigen Lösungen dieser Stoffe imprägniert wurden. Aus der Gewichtsdifferenz der Klötze vor und nach der Imprägnierung wurde nach dem bei der Holzschutzmittelprüfung üblichen Verfahren die Wirkstoffaufnahme durch das Holz in kg pro $m^3$ Holz errechnet Nach sechswöchiger Trocknung der Klötze

durch freie Lagerung im Raum und Behandlung nach Din 52 621 wurden sie mit Löchern versehen und kleine bis mittelgroße Larven von *Anobium punctatum* hineingesetzt oder die Klötze der Eiablage von *Anobium punctatum* ausgesetzt. Zur Einstellung einer ausreichenden Holzfeuchtigkeit kamen die mit Larven oder Eiern besetzten Holzklötze in Exsikkatoren über gesättigte NaCl-Lösung.

*Abb. 1.* Kaumagen u. vorderer Mitteldarm einer wenige Wochen alten Anobienlarve mit gut entwickeltem Mycetom

*Abb. 2.* Kaumagen u. vorderer Mitteldarm einer ebenso alten Anobienlarve wie bei Abb. 1 aus mit 4-Amiobenzolsulfonamid getränktem Holz. Mycetom nicht entwickelt

Die Wirkung der geprüften Substanzen auf die Symbionten wurde durch Herausnahme der Larven aus den Versuchshölzern und ihrer Präparation zu Darmquetschpräparaten in Ringerlösung oder histologischen Schnitten festgestellt. Für die histologische Aufarbeitung wurde die Fixierung mit Carnoy, die Einbettung über Methylbenzoat und Benzol in Paraffin und die Färbung mit Azan gewählt[1].

[1] Für die gewissenhafte Durchführung und Auswertung der Versuche und die Anfertigung der Aufnahmen danken wir unserem Mitarbeiter Herrn Cymorek.

## Versuche und Ergebnisse

Seit den Untersuchungen Escherichs (1900) und Buchners (1921) wissen wir, daß *Anobium punctatum* in Aussackungen des vorderen Mitteldarms (Abb. 1) Symbionten besitzt, die zu den Sproßpilzen (Hefen) zu rechnen sind. Die Hefezellen sind in den Darmzellen fest eingeschlossen (intracelluläre Symbiose) im Gegensatz zu den frei im Darmlumen lebenden Symbionten der Termiten. Sie sind daher schwerer zu beeinflussen, weil die Symbionticide erst von den Darmzellen aufgenommen werden müssen, bevor sie auf die Symbionten wirken können. Die Weitergabe der Symbionten von Generation zu Generation erfolgt durch Beschmieren der Eioberfläche mit Symbionten kurz vor der Eiablage durch das Weibchen und durch Fressen der mit Symbionten infizierten Eihüllen durch die Larven beim Ausschlüpfen aus dem Ei. Über die Bedeutung der Symbionten für die holzfressenden Anobiiden wissen wir dagegen noch gar nichts. An einem sich von Mehlprodukten ernährenden Vertreter aus der Familie der Anobiidae, dem Brotkäfer *Sitodrepa panicea,* wies Koch (1933) die Lebensnotwendigkeit der Hefesymbionten nach und analysierte zusammen mit seinen Schülern die dem Wirt von seinen Symbionten gelieferten Nahrungsbestandteile. Wegen der andersartigen Ernährung lassen diese Ergebnisse jedoch keine Rückschlüsse auf die Verhältnisse bei den holzzerstörenden Anobiiden zu. Es war daher nicht vorauszusehen, ob durch Vernichtung der Symbionten eine Bekämpfung von*Anobium punctatum* möglich ist. Die Untersuchung dieser Frage erschien daher auch außerhalb praktischer Ziele für die allgemeine experimentelle Symbioseforschung von Interesse.

Wir untersuchten die Wirkung einer Anzahl als Fungicide, Herbicide, Insekticide und Baktericide bekannter Verbindungen auf ihre Wirksamkeit gegen die Symbionten von *Anobium punctatum* in verschieden hohen Konzentrationen. Bei diesen Versuchen erwies sich, daß Pentachlorphenolnatrium, Pentachlorphenol und Chlornaphtalin, die Bestandteile vieler Holzschutzmittel, in den aus der Holzschutzliteratur bekannten Konzentrationen wirksam auf *Anobium punctatum* sind, ohne daß eine Schädigung der Symbionten vorausgeht. Auch in den bereits stark geschädigten Anobien hatten die Symbionten ein ganz normales Aussehen. Diese Verbindungen üben also eine direkte Giftwirkung auf *Anobium punctatum* aus. Isopropyl-N-phenylcarbamat, 7-Jod-8-oxychinolin-5-sulfosäure, Sorbinsäure, 1-Cyclohexylidencyclohexanon-2 und die als Unkrautbekämpfungsmittel bekannten Chlorverbindungen der Phenoxyessigsäure schädigten weder die Symbionten noch die Anobienlarven.

Schließlich fanden wir eine dritte Kategorie von Substanzen, die eine Giftwirkung auf die Symbionten von *Anobium punctatum* ausübten. Unter ihnen war das 4-Aminobenzolsulfonamid als einfacher chemischer Körper mit geringer Warmblütertoxizität besonders interessant.

In Holz, das mit 6–10 kg 4-Aminobenzolsulfonamid pro $m^3$ getränkt worden war, beobachteten wir 12 Wochen nach dem Einsetzen der Anobien die ersten Schädigungen an den Symbionten, die nach längerer Fraßdauer der Anobien in dem Holz immer stärker wurden. Die Zahl der Symbionten nahm dabei ständig ab und schließlich fanden wir keine Symbionten mehr. Die Schädigungen bestanden in Mißbildungen an den Symbionten und vor allem in einem weit über die Norm gesteigerten Größenwuchs der einzelnen Hefezellen. Die Hefezellen verloren dabei ihre birnenförmige Gestalt. Sie

rundeten sich ab oder nahmen auch gelegentlich eine eckige Form an. Weit verbreitet waren Hemmungen bei der Sprossung. Während ein normaler Hefesymbiont von *Anobium punctatum* nie mehr als einen Sproß trägt, der sich vor Erreichen der Größe der mütterlichen Zelle von dieser ablöst und als selbständiger Symbiont weiterlebt, vermochten sich die Sprosse unter dem Einfluß des 4-Aminobenzolsulfonamids nicht mehr von der mütterlichen Zelle zu lösen. Sie verblieben an der Mutterzelle und bildeten ihrerseits neue Sprosse, die sich ebenfalls nicht lösen konnten. Auf diese Weise entstanden ganze Sproßketten von bis zu 7 Gliedern (meist 3–5). Die Zellkerne waren in diesen Sproßketten unregelmäßig verteilt. Ihre Zahl entsprach nicht immer der Zahl der Sproßglieder. Noch stärker geschädigte Symbionten wiesen daneben einen stark vakuolisierten Zellinhalt auf. Die Abb. 3–5 zeigen solche abnorm gestalteten Symbionten im Vergleich zu normalen.

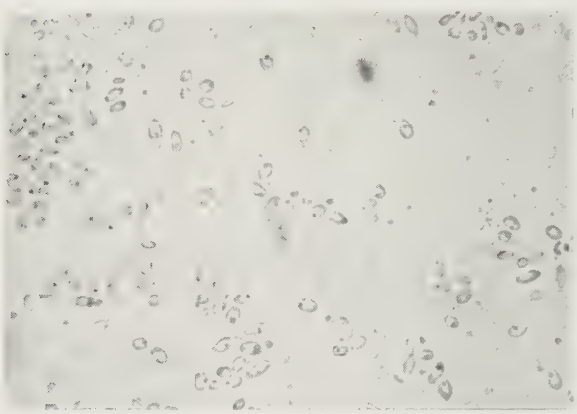

*Abb. 3.* Normale Symbionten von *Anobium punctatum* (Vergr. 736 ×)

Zur völligen Entfernung aller Symbionten aus mittelgroßen Anobienlarven genügte bei einer 6monatigen Fraßdauer eine Menge von 2,6 kg 4-Aminobenzolsulfonamid in einem $m^3$ Holz. Bei $18^1/_2$monatiger Fraßdauer genügt eine Aufwandmenge von 1,6 kg/$m^3$ zur restlosen Entfernung der Symbionten, während die oben beschriebenen Veränderungen an den Symbionten noch bis zu einer Aufwandmenge von 0,14 kg/$m^3$ Holz nach 10monatiger Versuchsdauer festgestellt wurden.

Die Mycetome symbiontenfrei gemachter Anobienlarven waren eingeschrumpft und häufig braun verfärbt. Ihre Ausbildung unterblieb fast ganz, wenn sich die Anobien-Eilarven gleich in mit 4-Aminobenzolsulfonamid getränktes Holz einbohrten und die Symbionten von vornherein abgetötet wurden. Die Anlage der Mycetome ist bei *Anobium punctatum* also im wesentlichen auf einen von den Symbionten auf den Wirtsorganismus ausgehenden Reiz zurückzuführen. Abb. 1 u. 2.

Die mittelgroßen Anobienlarven nehmen den Verlust ihrer Symbionten zunächst ohne Zeichen einer stärkeren Schädigung hin. Sie unterscheiden sich von den in unbehandelten Kontrollhölzern gehaltenen Larven durch ein glasigeres Aussehen, was auf eine geringere Fettkörperansammlung zurückgeführt werden konnte. Erst allmählich stellen sich stärkere Störungen ein. Die Tiere wurden schwerfälliger in ihren Bewegungen und gingen schließlich trotz guter Fraßtätigkeit im Holz ein. In den Kontrollhölzern wurde ein solches Absterben bei Larven, die gut gefressen hatten, nicht beobachtet. Diese Tiere blieben entweder über die ganze Zeit des Versuches als Larven am Leben oder verpuppten sich. Symbiontenfrei gemachte Anobien-Eilarven gingen rascher zugrunde als größere Tiere.

Da die Anobienlarven erst einige Zeit, nachdem sie symbiontenfrei geworden waren, eingingen, ist anzunehmen, daß sie nicht an dem 4-Aminobenzolsulfonamid selbst, sondern an dem Verlust ihrer Symbionten zugrunde gingen. Die Hefesymbionten scheinen daher für *Anobium punctatum* lebensnotwendig zu sein, gleichgültig, ob ihnen Kiefern- oder Erlen-Holz zum Fraß zur Verfügung stand.

Zur Aufklärung des Zusammenhanges zwischen Konstitution und Wirksamkeit untersuchten wir vergleichend die Wirkung des 4-Methylbenzolsulfonamides und der Sulfanilsäure auf die Symbionten. Beide Verbindungen zeigten keinerlei Wirkung auf die Symbionten. Sowohl die Aminogruppe in 4-Stellung wie das Amid sind also für die Wirksamkeit von ausschlaggebender Bedeutung.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Anwendung des 4-Aminobenzolsulfonamides bei Hausbocklarven (*Hylotrupes bajulus* L., *Cerambycidae*), in denen bis heute merkwürdigerweise keine Symbionten gefunden wurden, ohne Einfluß auf ihre Entwicklung blieb.

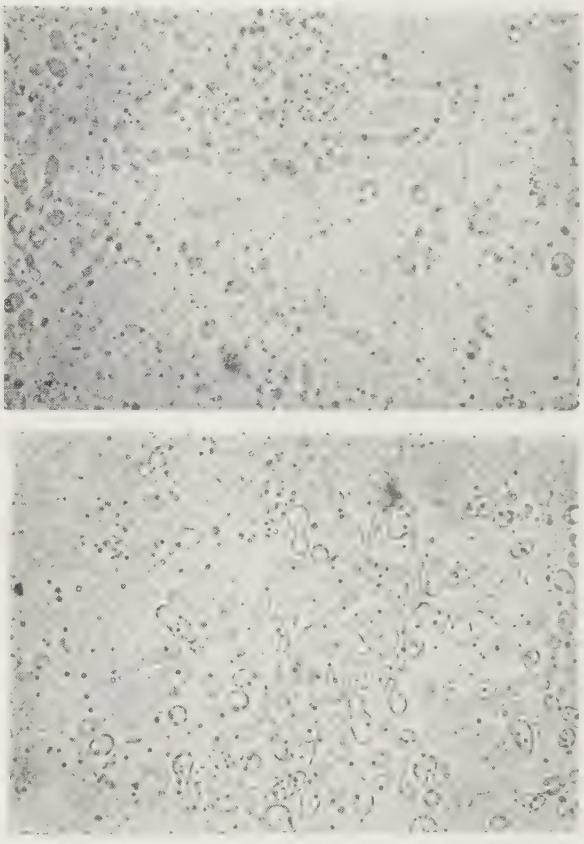

*Abb. 4 u. 5.* Durch 4-Aminobenzolsulfonamid geschädigte Symbionten von *Anobium punctatum* (Vergr. 736 ×)

Nachdem im 4-Aminobenzolsulfonamid ein Stoff gefunden wurde, mit dem es gelingt, die intracellulären Hefesymbionten in den Darmzellen von *Anobium punctatum* zu vernichten, ohne dabei die Anobien selbst zunächst zu schädigen, steht nun der Weg offen, durch Fütterungsversuche die Frage nach ihrer Bedeutung für den Wirt näher zu analysieren.

Für den praktischen Holzschutz ergibt sich die Möglichkeit eines vorbeugenden Schutzes von wertvollem Möbel- und Skulpturenholz mit einer ungiftigen Verbindung gegen den Befall durch die Totenuhr. Die Fraßschäden, die bis zum Wirksamwerden des Symbiontenverlustes auf die Larven eintreten, können vernachlässigt werden, da die Anobien-Eilarven winzig klein

sind, bei Symbiontenmangel kaum wachsen und absterben, bevor sie einen ins Gewicht fallenden sichtbaren Schaden anrichten können.

## Zusammenfassung

Es wurde die Möglichkeit, Holz gegen *Anobium punctatum* mit Symbionticiden zu schützen, untersucht. In dem 4-Aminobenzolsulfonamid wurde eine Verbindung gefunden, mit der es gelingt, die Hefesymbionten aus den Anobienlarven zu eliminieren. Eine Aufwandmenge von 2,6 kg 4-Aminobenzolsulfonamid pro $m^3$ Holz genügte, um nach 6monatiger Fraßdauer alle Anobienlarven symbiontenfrei zu machen. Symbiontenfreie Anobienlarven gingen nach einiger Zeit sowohl in Kiefern- wie in Erlen-Holz zugrunde. Die Untersuchungsbefunde sprechen dafür, daß die Hefesymbionten für *Anobium punctatum* lebensnotwendig sind.

Für die experimentelle Symbioseforschung wird damit ein Weg beschrieben, wie die Bedeutung der Symbionten für die Anobien genauer analysiert werden kann.

Für den Holzschutz ergibt sich die Möglichkeit, Holz gegen den Befall durch *Anobium punctatum* mit 4-Aminobenzolsulfonamid oder einem anderen geeigneten Symbionticid vorbeugend zu schützen.

## Summary

The use of symbionticides for protecting wood against *Anobium punctatum* was investigated and it was found that an application of 2,6 kg 4-aminobenzolsulphonamide per cubic metre of wood would eliminate the yeast symbionts of all *Anobium* larvae after six months feeding. These symbiont-free larvae died after some time both in pine and alder wood. It is therefore seen that yeast symbionts are necessary for *Anobium punctatum*.

## Literatur

Aschner, M.: Experimentelle Untersuchungen über die Symbiose der Kleiderlaus. Naturwiss. **20**, 1932.

Aschner, M. u. Ries, E.: Das Verhalten der Kleiderlaus bei Ausschaltung ihrer Symbionten. Ztschr. f. Morphol. u. Ökol. der Tiere **26**, 1933.

Buchner, P.: Studien an intrazellularen Symbionten III. Die Symbiose der Anobiinen mit Hefepilzen. Arch. Protistenkunde **42**, 1921.

Cleveland, L. R.: Symbiosis among animals with spezial reference to termites and their intestinal flagellates. Quart. Rev. of Biol. **1**, 1926.

Cleveland, L. R.: Further observations and experiments on the Symbiosis between termites and their intestinal protozoa. Biological Bull. **54**, 1928.

Escherich, R.: Über das regelmäßige Vorkommen von Sproßpilzen in dem Darmepithel eines Käfers. Biol. Zentralbl. **20**, 1900.

Goetsch, W.: Die Bekämpfung von Insekten, insbesondere von Termiten. Oesterr. Patentschrift 174 497 vom 18. 10. 1946.

Koch, A.: Über das Verhalten symbiontenfreier Sitodrepalarven. Biol. Zentralbl. **53**, 1933.

Koch, A.: Über künstlich symbiontenfrei gemachte Insekten. Verh. der deutschen Zool. Ges. 1933.

Steinhaus, E. A. u. Bell, C. R.: The effect of certain microorganisms and antibiotics on stored-grain insects. J. econ. Ent. **46**, 1953.

*Aus dem Institut für Phytopathologie der Karl-Marx-Universität Leipzig*
*Direktor: Prof. Dr. E. Mühle*

# Zur Lebensweise und Entwicklung der Luzerneblütengallmücke *Contarinia medicaginis* Kieff.

Von G. Fröhlich

Obwohl in der Literatur eine Reihe von Veröffentlichungen über die Lebensweise der Luzerneblütengallmücke vorliegt (Blattny, Kač & Hoffer, 1947 und 1948, Carlini, 1937, Christowa, 1954, Lehmann, 1934, 1935, 1939 und 1949, Manninger, 1940, Ossiannilsson, 1937 u. a.), ergeben sich immer noch zahlreiche Fragen, die eine Antwort erfordern. Im Rahmen unserer Untersuchungen über die Biologie und Bekämpfung der Luzerneblütengallmücke (Fröhlich, 1957) haben wir uns deshalb u. a. noch einmal eingehend mit der Lebensweise und Entwicklung dieses Schädlings befaßt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sollen im folgenden zur Darstellung gelangen.

*Tabelle 1*

**Zahl der geschlüpften Individuen getrennt nach Geschlechtern**

| Datum | ♂ | ♀ |
|---|---|---|
| 12. 9. 1955 | 56 | 25 |
| 13. 9. 1955 | 56 | 88 |
| 14. 9. 1955 | 8 | 13 |
| 17. 9. 1955 | 8 | 11 |
| 22. 6. 1956 | 1 | – |
| 9. 7. 1956 | 7 | 8 |
| 11. 7. 1956 | 21 | 10 |
| 12. 7. 1956 | 50 | 37 |
| 13. 7. 1956 | 4 | 34 |
| 18. 7. 1956 | 1 | 3 |
| 24. 7. 1956 | 2 | 17 |

Die Luzerneblütengallmücke erscheint Ende Mai/Anfang Juni in den Luzernebeständen. Nach den Beobachtungen von Ossiannilsson (1937) verlassen die Männchen einen Tag früher den Boden als die Weibchen, während sich im Verlaufe der gesamten Schlüpfperiode das Zahlenverhältnis von Männchen zu Weibchen bald zugunsten der Weibchen verschiebt. Diese Ergebnisse konnten von uns im wesentlichen bestätigt werden (Tab. 1).

Eine Kontrolle der im Freiland aufgestellten Zuchtgefäße zu verschiedenen Tageszeiten ergab, daß die Mehrzahl der Imagines in der Zeit von 7.00–13.00 Uhr den Boden verläßt (vgl. Tab. 2), während von 13.00–19.00 Uhr und von 19.00–7.00 Uhr früh des nächsten Tages weniger Gallmücken schlüpfen.

Das Verhältnis von Männchen : Weibchen innerhalb einer Flugperiode bzw. eines Jahres betrug in Schweden nach den Auszählungen von Ossiannilsson (1937) 1 : 1,15. Eine Überprüfung an Hand unseres Materials ergab bei 3682 Individuen 1474 Männchen : 2208 Weibchen, also ein Verhältnis von 1 : 1,49. Daraus geht hervor, daß auch bei uns die Weibchen in der Überzahl waren.

Da bei Kescherfängen das Verhältnis von Männchen : Weibchen weitgehend zugunsten der Weibchen verschoben ist, mußte angenommen werden,

daß sich die Männchen von *Contarinia medicaginis* Kieff. in gleicher Weise in Bodennähe aufhalten, wie es von einer Reihe anderer Gallmückenarten bereits berichtet worden ist (Tomaszewski, 1931, Bollow, 1952, Fröhlich, 1956). Um diese Frage zu klären, stellten wir mit Leim bestrichene Fangtafeln in den Luzernebeständen in Nord-Süd- und Ost-West-Richtung auf. Da die Luzernepflanzen zur Untersuchungszeit nur 40 cm hoch waren und die obersten 20 cm abgekeschert wurden, wählten wir für die Leimtafeln eine Höhe von 20 cm und eine Breite von 50 cm. Wie aus den in Tab. 3 zusammengestellten Fangergebnissen geschlossen werden kann, halten sich die Männchen vor allem im Bereich bis 20 cm über dem Boden auf, während die Weibchen bis zur Bestandshöhe auffliegen und demzufolge an den Fangtafeln in weit geringerer Anzahl gefangen wurden.

*Tabelle 2*

**Anzahl der geschlüpften Individuen zu verschiedenen Tageszeiten getrennt nach Geschlechtern**

| Datum | Uhrzeit | ♂ | ♀ | insgesamt |
|---|---|---|---|---|
| 13. 8. 1956 | 7.00 | 1 | – | 1 |
| 16. 8. 1956 | 8.30 | 3 | · | 3 |
| | 19.00 | 10 | 2 | 12 |
| 17. 8. 1956 | 8.00 | 1 | 3 | 4 |
| | 14.00 | 10 | 17 | 27 |
| | 19.00 | 6 | 6 | 12 |
| 18. 8. 1956 | 7.00 | 2 | 7 | 9 |
| | 13.00 | 18 | 30 | 48 |
| | 19.00 | 5 | 12 | 17 |
| 19. 8. 1956 | 7.00 | 6 | 14 | 20 |
| | 13.00 | 7 | 58 | 65 |
| | 18.00 | 4 | 4 | 8 |
| 20. 8. 1956 | 7.00 | 4 | 16 | 20 |
| | 13.00 | 1 | 15 | 16 |
| | 18.00 | 1 | 2 | 3 |

Diese Feststellungen deuten darauf hin, daß auch die Paarung von *Contarinia medicaginis* Kieff. in Bodennähe erfolgt.

Während die Männchen bald nach der Kopulation absterben, suchen die Weibchen die jungen, 3–5 mm langen Knospen der Luzernepflanze zur Eiablage auf. Nur wenn entsprechend kleine Knospen fehlen, legen sie ihre Eier auch in etwas größere ab.

Vor der Ablage der Eier betastet das Weibchen zunächst verschiedene Knospen mit den Fühlern. Hat es eine geeignete Knospe gefunden, krümmt es den Hinterleib nach unten und stülpt den Legeapparat heraus. Rittlings auf der Knospe sitzend, schiebt es die Legeröhre in den Spalt zwischen den zusammengelegten Zipfeln der Kelchblätter. Ist die Legeröhre in die Knospe eingeführt, beginnt die Mücke mit pumpenden Bewegungen des Körpers. Die Ablage der Eier dauert durchschnittlich 4–5 Minuten; wir konnten aber auch Weibchen beobachten, die bis zu 10 Minuten für die Belegung einer Knospe benötigten. Nach Beendigung der Eiablage wird die Legeröhre sofort wieder in das Abdomen zurückgezogen.

Häufig sahen wir, wie ein Mückenweibchen mehrere Knospen eines Blütenstandes nacheinander belegte. Ähnliches berichten auch Bollow (1954), Hey (1945) und Ossiannilsson (1937). Nach unseren Freilandbeobachtungen werden von den Gallmückenweibchen die oberen Knospenstände zur Eiablage bevorzugt und die unteren nur bei stärkerem Wind aufgesucht. Selten belegen die Weibchen sehr hohe Pflanzen, weit häufiger sind kleinere, die im Windschatten der anderen stehen, vergallt. Besonders stark ist der Befall an den Feldrändern, die in Windrichtung älterer Luzernesamenschläge

liegen, was darauf schließen läßt, daß die Mücken durch den Wind angeweht werden.

Die Zahl der von einem Weibchen in einer Knospe abgelegten Eier beträgt nach unseren Auszählungen im Durchschnitt 3–5, während Ossian-

*Tabelle 3*

**Ergebnisse der Leimtafelfänge vom**
**A 6. 7.–25. 8. 1956 in Böhnshausen,**
**B 12. 7.–23. 8. 1956 in Plaußig**

A

| Anflugrichtung | N | | W | | O | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Höhe vom Boden | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| 0– 5 cm | 22 | 7 | 21 | 6 | 29 | 2 |
| 5–10 cm | 6 | 9 | 12 | 5 | 12 | 6 |
| 10–15 cm | 3 | 6 | 4 | 4 | 13 | 3 |
| 15–20 cm | 1 | 16 | 6 | 13 | 12 | 10 |

B

| Anflugrichtung | W | | W | | N | | S | | O | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Höhe vom Boden | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ | ♂ | ♀ |
| 0– 5 cm | 25 | 3 | 23 | 2 | 32 | 1 | 23 | 2 | 28 | 5 |
| 5–10 cm | 17 | 4 | 28 | 4 | 49 | 4 | 34 | 3 | 25 | 4 |
| 10–15 cm | 27 | 9 | 14 | 6 | 54 | 10 | 21 | 3 | 17 | 11 |
| 15–20 cm | 20 | 11 | 18 | 9 | 46 | 9 | 36 | 2 | 40 | 12 |

NILSSON (1937) 2–5 angibt. Sie sind vor allem im oberen Teil der Knospe auf den Staubbeuteln oder dem umgebogenen Teil des Stempels zu finden. Wieviel Eier ein Weibchen insgesamt ablegt, konnte von uns nicht ermittelt werden. OSSIANNILSSON (1937) wies im Abdomen unbefruchteter Weibchen 40–60 Eier nach.

Nach BOLLOW (1954) schlüpfen die Larven der Luzerneblütengallmücke entsprechend der jeweils herrschenden Witterung 2–5 Tage nach der Eiablage. Ihre Entwicklung haben sie in 9–14 Tagen abgeschlossen. Sie verlassen dann die Gallen. BARNES (1946) gibt für die Embryonalentwicklung in seinen Laborversuchen 2 Tage an, während nach seinen Beobachtungen die Larven 10–12 Tage lang in den Gallen verweilen.

Wir gingen bei der Untersuchung der Embryonal- und Larvenentwicklung so vor, daß wir die Mückenweibchen bei der Eiablage beobachteten, die belegten Knospen etikettierten und den gesamten Knospenstand mit einem Gazebeutel einschlossen. Unter den aus Abb. 1 zu ersehenden Witterungsbedingungen konnten wir eine Embryonal- und Larvenentwicklung von ca. 4 Wochen feststellen. Davon betrug die Embryonalentwicklung bei hoher Luftfeuchtigkeit und einem durchschnittlichen täglichen Temperaturmaximum von 20° C 4–5 Tage. Die Dauer der einzelnen Larvenstadien (vgl. FRÖHLICH, 1957) ließ sich nur schwer ermitteln. Sie betrug für das erste Larvenstadium etwa 8–10 Tage, für das zweite Larvenstadium 7–8 Tage und für das dritte Larvenstadium etwa 7 Tage, so daß die Gesamtentwicklung der Larven innerhalb der Galle unter den von uns dargestellten Witterungsbedingungen mit ca. 24 Tagen anzugeben ist (Abb. 1). Da die Ent-

wicklungsgeschwindigkeit bei Insekten allgemein weitestgehend von der Außentemperatur abhängig ist, lassen sich die unterschiedlichen Angaben von Barnes (1946) und Bollow (1954) – s. o. – wohl auf unterschiedliche Temperaturverhältnisse während der Beobachtungszeit zurückführen.

Über die Zahl der in einer Galle vorhandenen Larven sind in der Literatur recht unterschiedliche Angaben vorhanden. Nach Hey (1943) finden sich in einer Galle 6–10, nach Lehmann (1934) 8–20 Larven. Lüstner (1924) beobachtete bis zu 7 Larven je Galle. Ossiannilsson (1937), der 111 Gallen auf Larvenbesatz prüfte, konnte einen Durchschnitt von 4,7 Larven je Galle ermitteln. Nur in einem Falle zählte er 15 Larven. Er führt das von Lehmann (1934) angegebene Maximum von 20 Larven in einer Galle darauf zurück, daß es sich um Larven aus verschiedenen Gelegen gehandelt hat. Das bedeutet aber, daß eine Knospe von mehreren Weibchen belegt werden kann.

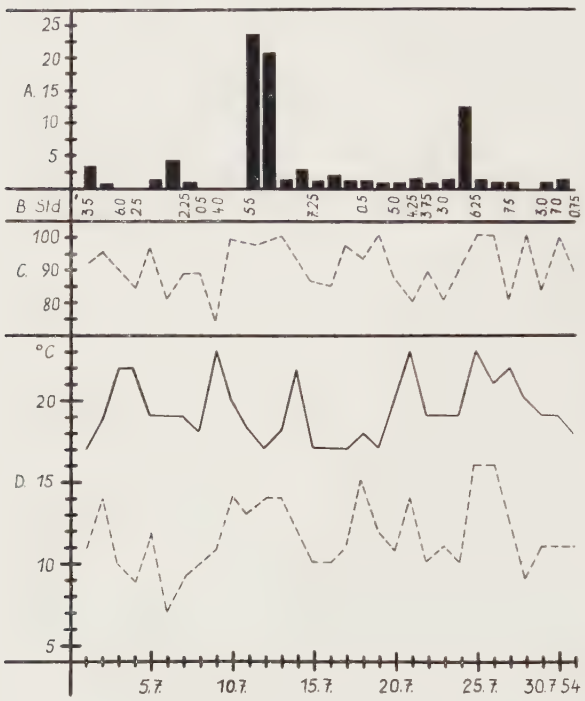


*Abb. 1.* Witterungsbedingungen in Böhnshausen während der Untersuchungen über die Embryonal- und Larvenentwicklung der Luzerneblütengallmücke im Jahre 1954. (A = Niederschläge in mm, B = Sonnenscheindauer in Stunden, C = rel. Luftfeuchtigkeit in %, D = Temperaturmaximum (—) und -minimum (- -) im Bestand gemessen)

Wir untersuchten in diesem Zusammenhang 300 Knospen und kamen auf einen durchschnittlichen Besatz von 4,2 Larven je Galle, was auch den Feststellungen über die Anzahl der von einem Weibchen abgelegten Eier je Knospe entspricht. Das Maximum lag in unseren Auszählungen bei 13 Larven, das Minimum bei 1 Larve je Galle. Von sämtlichen geprüften Gallen konnte in neun Fällen auf Grund des Vorhandenseins verschiedenaltriger Larven nachgewiesen werden, daß die Knospen von mehreren Weibchen belegt worden waren.

Da gleichlaufend mit der Entwicklung der Larven auch die Größe der Galle zunimmt, versuchten wir, an Hand eines bestimmten durchschnittlichen Gallendurchmessers das Alter der darin lebenden Larven zu bestimmen. Obwohl in breiteren Gallen auch ältere Larven zu finden waren, ließ sich dennoch keine eindeutige Beziehung zwischen Gallendurchmesser und Larvenalter aufstellen. Das dürfte u. a. darauf zurückzuführen sein, daß die Anzahl der Larven, die eine Galle bewohnt, unterschiedlich ist. Ossiannilsson (1937) konnte aber auch keinen bestimmten Zusammenhang

zwischen der Anzahl der Larven je Galle und der Gallengröße ermitteln. Wie unsere Messungen ergaben, ist auch die Einwirkung der Witterung auf die Gallenentwicklung nicht unbedeutend. Während wir z. B. im Jahre 1954 im Durchschnitt einen Gallendurchmesser von 2,5 mm ermitteln konnten, betrug dieser im Jahre 1955 3,2 mm. Ein Vergleich der breitesten von uns gefundenen Gallen ergab für das Jahr 1954 in Auligk 6,0 mm, für 1955 in Böhnshausen 4,8 mm und für 1956 in Böhnshausen 5,4 mm.

Die Ortsbewegung der Larven wird außer durch positive Hygrotaxis noch durch negative Phototaxis bestimmt, indem sich die Tiere schnell unter krümmenden Bewegungen in den Boden einarbeiten, wie es WATZL (1939) auch von den Larven der Goldhafergallmücke (*Dasyneura triseti* Barnes) beschreibt.

*Tabelle 4*

**Zeit vom Eingraben der Larven in den Boden bis zum Schlüpfen der Imagines**

| angesetzt | geschlüpft | | Zahl der Ruhetage | |
|---|---|---|---|---|
| am | vom | bis | im Minimum | im Maximum |
| 12. 7. | 28. 7. | 24. 8. | 16 | 43 |
| 23. 7. | 5. 8. | 27. 8. | 13 | 35 |
| 24. 7. | 15. 8. | 14. 9. | 22 | 52 |
| 25. 7. | 9. 8. | 26. 8. | 15 | 32 |
| 26. 7. | 15. 8. | 24. 8. | 20 | 29 |
| 27. 7. | 10. 8. | 21. 8. | 14 | 25 |
| 27. 7. | 13. 8. | 14. 9. | 17 | 49 |
| 3. 8. | 20. 8. | 1. 9. | 17 | 29 |
| 3. 8. | 22. 8. | 2. 9. | 19 | 30 |
| 3. 8. | 18. 8. | 22. 8. | 15 | 19 |
| 8. 8. | 23. 8. | 4. 9. | 15 | 27 |

HOUARD (1904–1913) beobachtete, daß die Verpuppung der Luzerneblütengallmücke in der Galle erfolgte. Dies scheint jedoch eine große Ausnahme zu sein, da es weder von anderen Autoren (z. B. LEHMANN, 1934, 1939 und 1949, CARLINI, 1937, OSSIANNILSSON, 1937, BOLLOW, 1954) noch von uns bestätigt werden konnte.

Im Boden spinnen die Larven nach KLINKOWSKI & LEHMANN (1937) wenige cm tief, nach BOLLOW (1954) in einer Tiefe zwischen 1 und 20 cm, in der Mehrzahl zwischen 3 und 5 cm, nach LEHMANN (1934) in nur 2–5 cm unter Verwendung von Erdteilchen einen lockeren Kokon. Die Tiefe variiert nach unseren Beobachtungen und auch nach den Angaben von OSSIANNILSSON (1937) und richtet sich vor allem nach der Bodenbeschaffenheit sowie den Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnissen. In verschiedenen Untersuchungen konnte OSSIANNILSSON (1937) nachweisen, daß die von Larven bewohnten Kokons zumeist in einer Tiefe von 3–12 cm zu finden waren, während sich die Puppen vor allem in der obersten Bodenschicht in einer Tiefe von 0–3 cm angesammelt hatten.

Die Ruhezeit der Larven und Puppen im Boden beträgt in den Sommermonaten nach BOLLOW (1954) im Durchschnitt nur etwa 14 Tage, nach KÖNIG (1929) 10–12 Tage. In Tab. 4 haben wir die Zeit vom Abwandern der Larven in den Boden bis zum Schlüpfen der Imagines in unseren Zuchten zusammengestellt. Dabei ergaben sich im Minimum 15–22, im Maximum aber 19–52 Tage.

Im Boden erfolgt die Umwandlung der Larve zur Praepuppe, die sich in ähnlicher Weise vollzieht, wie es Bollow (1955) für *Mayetiola secalis* Bollow beschreibt. Die vorletzte Larvenhaut hebt sich ab und wird undurchsichtig bräunlich-gelb. Es entsteht eine, den Tönnchenpuppen der Fliegen ähnelnde Scheinpuppe, das Puparium.

Da die Kokonbildung der Larven in etwa 3–5 cm Bodentiefe, die Verpuppung aber in 0–3 cm Bodentiefe erfolgt, muß die Praepuppe bzw. Puppe bis dicht unter die Bodenoberfläche vordringen. In diesem Zusammenhang

*Tabelle 5*

**Einfluß von Sandauflagerungen auf das Schlüpfen der Imagines (Werte in %, da mehrere Versuchsreihen zusammengefaßt wurden)**

| | | Zone | Sandauflagerungen ohne | 2,5 cm | 5 cm | 7,5 cm | 10 cm | 15 cm |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Puparien | III | 3–5 cm Bodentiefe | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | II | 1–3 cm Bodentiefe | 14,3 | 34,6 | 34,0 | 20,0 | 32,5 | 0 |
| | I | 0–1 cm Bodentiefe | 22,8 | 53,8 | 59,8 | 61,9 | 37,5 | 0 |
| | IV | 0–1 cm Sandaufl. | – | 7,7 | 6,2 | 18,1 | 2,5 | 0 |
| | V | 1–4 cm Sandaufl. | – | 3,9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | VI | Rest der Sandaufl. | – | – | 0 | 0 | 0 | 0 |
| tote Larven | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 27,5 | 100 |
| geschlüpfte Imagines | | | 62,9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

berichten Watzl (1939) von *Dasyneura triseti* Barnes und Waede (1955) von *Contarinia tritici* Kirby und *Sitodiplosis mosellana* Géhin., daß die Puppen den Kokon verlassen, bevor die Mücken schlüpfen und sich durch pendelnde Bewegungen bis zur Bodenoberfläche emporarbeiten. Eine derartige Wanderung scheint auch *Contarinia medicaginis* Kieff. auszuführen, wie aus den zahlreichen Puppenhüllen zu schließen ist, die sowohl von Lehmann (1934) als auch von uns auf der Oberfläche des Sandes in den Zuchtgefäßen gefunden werden konnten. Uns erscheint jedoch im Gegensatz zu Watzl (1939) und Waede (1955) die Ansicht von Ossiannilsson (1937) einleuchtender, daß nicht die Puppen, sondern die Praepuppen, die noch ihre volle Beweglichkeit besitzen, diese Wanderung vornehmen. Welche Strecke dabei zurückgelegt werden kann, sollte ein Sandauflagerungsversuch zeigen, der mit einigen Abänderungen nach dem Beispiel von Hornig (1954) ausgeführt wurde: Wir füllten in Bechergläser mit einem Durchmesser von 9 cm und einer Höhe von 20 cm jeweils 5 cm Boden und ließen ausgewachsene Larven von *Contarinia medicaginis* Kieff. in diesen Boden abwandern. Jeweils 4 Gläser erhielten keine bzw. 2,5 cm, 5 cm, 7,5 cm, 10 cm und 15 cm Sandauflagerung. Es wurde Quarzsand mit einer durchschnittlichen Körnchengröße von 0,25 mm verwendet. In den Gefäßen wurden die Boden- und Sandschichten laufend angefeuchtet. Wie aus Tab. 5 ersichtlich ist, waren außer in der Kontrollzucht (ohne Sandauflagerung) in den übrigen Gefäßen im Gegensatz zu den Ergebnissen von Hornig (1954)

keine Imagines geschlüpft. Zur Überprüfung der im Boden bzw. Sand verbliebenen Puparien bzw. toten Larven wurde der Inhalt der Gefäße in 6 Zonen eingeteilt und getrennt untersucht:

| | |
|---|---|
| Zone I: | 0–1 cm Bodentiefe |
| Zone II: | 1–3 cm Bodentiefe |
| Zone III: | 3–5 cm Bodentiefe |
| Zone IV: | 0–1 cm Sandauflagerung |
| Zone V: | 1–4 cm Sandauflagerung |
| Zone VI: | jeweiliger Rest der Sandauflagerung. |

Als Ergebnis dieses Versuches kann festgestellt werden, daß die Larven nicht tiefer als 3 cm in den Boden eingedrungen waren. Der größte Teil hielt sich in einer Bodentiefe von 0–1 cm auf. Bei Auflagerungen von Sandschichten bemühte sich ein Teil der Larven, vermutlich durch den auf ihnen lastenden Druck veranlaßt, in höher liegende Schichten aufzusteigen. Bis zu

*Tabelle 6*

**Versuch zur Überprüfung des Verpuppungsverlaufes (angesetzt am 12. 7. 1954)**

| Lfd. Nr. | Tag der Auswertung | Larven ohne Kokons in % | Kokons mit Larven in % | Kokons mit Puparien in % | Kokons mit Puppen in % | Puppen ohne Kokons in % | Imagines in % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | 13. 7. 54 | 20 | 80 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2. | 14. 7. 54 | 32 | 68 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3. | 15. 7. 54 | 20 | 72 | 8 | 0 | 0 | 0 |
| 4. | 16. 7. 54 | 9 | 26 | 17 | 48 | 0 | 0 |
| 5. | 17. 7. 54 | 6 | 16 | 23 | 50 | 0 | 0 |
| 6. | 18. 7. 54 | 2 | 21 | 14 | 63 | 0 | 0 |
| 7. | 19. 7. 54 | 8 | 25 | 37 | 30 | 0 | 0 |
| 8. | 20. 7. 54 | 2 | 39 | 19 | 40 | 0 | 0 |
| 9. | 21. 7. 54 | 2 | 15 | 21 | 62 | 0 | 0 |
| 10. | 22. 7. 54 | 4 | 16 | 22 | 58 | 0 | 0 |
| 11. | 23. 7. 54 | 4 | 6 | 22 | 68 | 0 | 0 |
| 12. | 24. 7. 54 | 9 | 9 | 16 | 66 | 0 | 0 |
| 13. | 25. 7. 54 | 5 | 3 | 33 | 59 | 0 | 0 |
| 14. | 26. 7. 54 | 7 | 9 | 20 | 26 | 10 | 28 |
| 15. | 27. 7. 54 | 7 | 5 | 37 | 9 | 0 | 42 |
| 16. | 28. 7. 54 | 2 | 4 | 34 | 2 | 16 | 42 |
| 17. | 29. 7. 54 | 5 | 0 | 24 | 5 | 7 | 59 |
| 18. | 30. 7. 54 | 0 | 0 | 27 | 2 | 0 | 71 |
| 19. | 31. 7. 54 | 6 | 2 | 22 | 4 | 2 | 64 |
| 20. | 1. 8. 54 | 2 | 0 | 28 | 3 | 3 | 64 |

einer Sandauflagerung von 7,5 cm konnten noch keine toten Larven festgestellt werden. Dafür stieg ihre Sterblichkeit bei Sandauflagerungen über 10 cm rasch an.

Dieser Versuch veranschaulicht deutlich, daß die Larven im allgemeinen nicht tiefer als 3 cm in den Boden eindringen und die Verpuppung im wesentlichen dicht an der Bodenoberfläche erfolgt. Werden die Larven durch Verschüttung in größere Bodentiefen gebracht, bemühen sie sich, wieder dichter unter die Bodenoberfläche zu gelangen. Die Verpuppung und das Schlüpfen der Imagines werden dabei stark beeinträchtigt. In größeren Tie-

fen (unter 10 cm) nimmt die Mortalität der Larven stark zu. Die Larven sind demnach nicht in der Lage, im Boden größere Strecken zurückzulegen.

Zur Überprüfung des Verpuppungsablaufes selbst diente folgender Versuch: In 20 mit Quarzsand gefüllten Neubauerschalen (Durchmesser 12 cm, Höhe 6,5 cm) wurden am 12. 7. 54 mit einem Pinsel je 50 ausgewachsene Larven von *Contarinia medicaginis* Kieff. gebracht, die sich bald in den Sand einarbeiteten. Die Sandschichten wurden laufend mit Leitungswasser angefeuchtet. Vom 13. 7. 54 an wurde täglich der Sand einer Schale auf Larven-, Puparien- und Puppenbesatz untersucht.

Aus den in Tab. 6 zusammengestellten Ergebnissen ist zu entnehmen, daß mit der Kokonbildung bald nach dem Eindringen der Larven in den Boden begonnen wurde. Nur wenige Larven blieben ohne Kokon. Nach 3 Tagen hatten sich die ersten Larven in Puparien verwandelt und am vierten Tage war bereits die Hälfte der Larven verpuppt. Zu gleichen Ergebnissen kam auch Carlini (1937), indem er mitteilt, daß die Verpuppung 3–4 Tage nach dem Eindringen der Larven in den Boden erfolgt. Da 14 Tage nach dem Ansetzen des Versuches die ersten Imagines schlüpften, beträgt die Puppenruhe unter den gegebenen Zuchtbedingungen im Minimum 10 Tage (vgl. auch Carlini, 1937). Nach 15 Tagen hatten 42%, also die knappe Hälfte der angesetzten Tiere als Imagines den Boden verlassen.

Über das Überwinterungsstadium von *Contarinia medicaginis* Kieff. sind in der Literatur sehr unterschiedliche Angaben zu finden. Nach Carlini (1937) und Hey (1945) erfolgt die Überwinterung im Boden als Puppe. Lehmann (1934) beobachtete dagegen, daß die Luzerneblütengallmücke als erwachsene Larve im Puparium überwintert. Ähnliche Angaben werden auch von Barnes (1946) gemacht. Im Gegensatz dazu kommt Ossiannilsson (1937) auf Grund verschiedener Untersuchungen zu dem Schluß, daß wenigstens „unter unseren Klimaverhältnissen" die Überwinterung im Larvenstadium stattfindet. Die gleiche Ansicht vertritt auch Kolobova (1929).

Obwohl wir im Rahmen unserer Bodenuntersuchungen im September 1955 neben den Puparien in den Kokons auch noch Larven finden konnten, erschienen uns die Versuche von Ossiannilsson (1937) nicht überzeugend. Wir entnahmen deshalb Anfang April 1957 an 13 verschiedenen Orten von 22 Luzerneschlägen mittels eines Metallringes (Durchmesser 10,3 cm, Höhe 3 cm) 220 Bodenproben und untersuchten diese auf Larven- und Puparienbesatz. Dabei fanden wir 356 Larven und 159 Puparien von *Dasyneura ignorata* Wachtl und 24 Larven und 104 Puparien von *Contarinia medicaginis* Kieff. Während bei der Luzernesproßgallmücke die Zahl der überwinterten Larven über das Doppelte höher lag als die der Puparien, erfolgte die Überwinterung der Luzerneblütengallmücke im wesentlichen in Form von Puparien.

In engem Zusammenhang mit der Überwinterung steht auch die Frage des Überliegens. Hier war eindeutig festzustellen, daß es die Puparien sind, die längere Zeit im Boden verweilen können. Lehmann (1934) berichtet dazu, daß die Puparienruhe im Leben dieses Schädlings eine große Rolle spielt, „denn wenn auch die Ende Juli/Anfang August verpuppten *Contarinia*-Larven Ende Mai schlüpfen sollten, so hätten sie doch 9–10 Monate in der Erde geruht. Eine größere Anzahl von ihnen dürfte aber eine Puparienruhe bis zu 11 Monaten aufweisen". So gesellen sich nach seinen Untersuchungen zu den Puparien der letzten Generation auch noch die der dritten

Flugperiode, die alle gemeinsam überwintern. Daraus wäre aber wiederum zu schließen, daß der Frühjahrsflug im Mai äußerst umfangreich sein müßte. Man findet aber nach der ersten Flugperiode der Luzerneblütengallmücke im allgemeinen nur sehr wenig vergallte Blüten. Dieser Widerspruch ist nach LEHMANN (1934) in folgender Weise zu erklären: Entweder die Mehrzahl der überwinternden Puparien geht durch Witterungseinflüsse, Seuchen und Parasiten zugrunde, oder es vollenden im Mai nur wenige Puparien ihre Entwicklung, während bei weitem der größte Prozentsatz bis zur nächsten Flugperiode (Anfang bis Mitte Juli) im Boden verbleibt. Würden die Mücken durch Witterungseinflüsse, Seuchen oder Parasiten stark dezimiert, so wäre es fraglich, ob die Nachkommen der so geschwächten Frühjahrsgeneration genügten, um den häufig im Juli zu beobachtenden Massenflug zu ermöglichen. Weitaus einleuchtender erscheint der Gedanke des Überliegens. So schreiben KLINKOWSKI & LEHMANN (1947), daß nur wenige Puparien sich bereits im Mai in Puppen verwandeln, während der größte Teil bis zum Juni überliegt. Nach HEY (1945) entwickeln sich nur selten alle Nachkommen einer Generation bereits zur nächsten Flugperiode zu Mücken, vielmehr überliegt wahrscheinlich unter dem Einfluß der Witterung eine mehr oder weniger große Anzahl eine oder mehrere Flugperioden. Ähnliche Beobachtungen bei anderen Gallmückenarten wurden von FRICKHINGER (1943), HORNIG (1954), FRÖHLICH (1956) u. a. mitgeteilt.

Vergleichen wir all diese Erörterungen mit unseren eigenen Versuchen, so können wir feststellen, daß sowohl von den überwinterten Puparien, die z. T. die Individuen der ersten Flugperiode ergaben, als auch von denen nach der ersten bis vierten Flugperiode ein Teil überliegt. Das bedeutet, daß die in den Boden abgewanderten Larven sämtlicher Flugperioden nur zum Teil ihre Entwicklung bis zur nächsten Flugperiode vollendet haben. Entscheidenden Einfluß auf das Überliegen haben vor allem Bodenfeuchtigkeit und Bodentemperatur. Daneben ist wahrscheinlich auch ein innerer Rhythmus der Puparien zu berücksichtigen, von dem die Empfindlichkeit gegenüber Umwelteinflüssen abhängt. Schließlich dürfen die jahreszeitlichen Schwankungen nicht unberücksichtigt bleiben. So schlüpften in unseren Versuchen von den überwinterten Individuen im Verlaufe des nächsten Jahres 49,0 %, während der Rest auch noch den folgenden Winter im Boden verbrachte. In anderen Versuchsreihen überlagen von den Mitte Juli abgewanderten Larven 44 %, Ende Juli 80,9, 90,7 und 96,7 %, Anfang August 93,1 und 92,8 %, Ende August 96,7 % und Anfang September 100 %.

Auch über die Zahl der jährlichen Generationen von *Contarinia medicaginis* Kieff. finden wir in der Literatur unterschiedliche Angaben. Während MANNINGER (1940) in seinen Zuchten 5–6, im Freien aber 4 Generationen im Jahr feststellen konnte, berichten KOLOBOVA (1929) aus der UdSSR und CARLINI (1937) aus Italien von drei Generationen. OSSIANNILSSON (1937) gibt für Schweden 2–3 Generationen an. Nach KLINKOWSKI & LEHMANN (1947), HEY (1945), LEHMANN (1934 und 1949) und BOLLOW (1954) fliegen die Mücken in Deutschland dreimal im Jahr, und zwar im Mai, Ende Juni/Anfang Juli und Anfang bis Mitte August. Diese Angaben gehen auf die Beobachtungen von LEHMANN (1934 und 1949) zurück. HEY (1945) macht jedoch demgegenüber eine Einschränkung, indem er schreibt: „In Süddeutschland muß nach den neueren Beobachtungen entweder mit vier Generationen gerechnet werden, was sich den ungarischen Wahrnehmun-

gen anpassen würde, oder aber die Flugzeiten stimmen zeitlich nicht ganz mit den mitteldeutschen überein."

Wir versuchten mittels verschiedener Zuchtmethoden die Frage der Generationenfolge etwas eingehender zu prüfen. Dabei konnten wir drei Generationen in etwa folgenden Abständen ermitteln:

I. Generation: Ende Mai/Anfang Juni,
II. Generation: Anfang bis Mitte Juli,
III. Generation: Mitte bis Ende August.

Unter besonders günstigen Witterungsbedingungen scheint sich aber auch in Mitteldeutschland eine vierte Generation entwickeln zu können, deren Individuenzahl jedoch meist nur sehr gering ist.

Die Maxima im Populationsverlauf der Luzerneblütengallmücke im Freiland stimmen jedoch nicht mit dem Auftreten der einzelnen Generationen überein. Das liegt besonders darin begründet, daß während der einzelnen

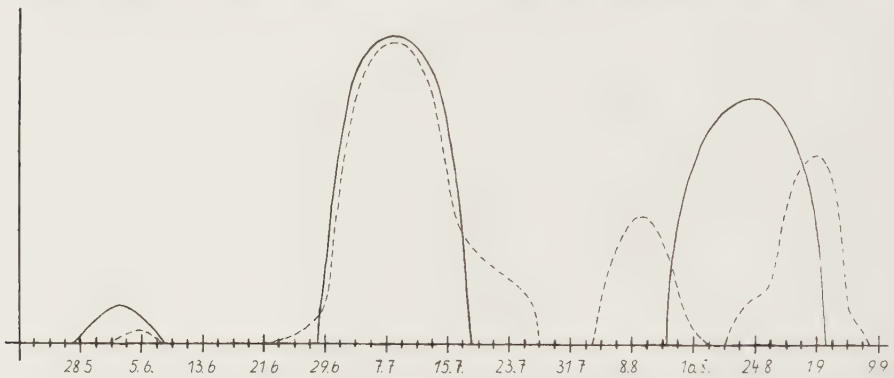


*Abb. 2.* Vergleich zwischen Generationenfolge (—) und Folge der Flugperioden (- -) im Verlaufe eines Jahres (schematisch)

Flugperioden nicht nur die Imagines einer, sondern infolge des Überliegens der Puparien die verschiedener Generationen schlüpfen. Außerdem ist das Schlüpfen der Mücken von einer Anzahl Umweltfaktoren abhängig, so daß die Zahl der Flugperioden größer sein kann als die Anzahl der Generationen. So beobachtete z. B. Manninger (1940) in Ungarn zwar nur vier Genetionen, aber sieben Flugperioden.

In Abb. 2 haben wir alle von uns beobachteten Flugperioden der Luzerneblütengallmücke zusammengefaßt dargestellt. Außerdem wurde der vermutliche Verlauf der Generationenfolge eingetragen. Anhand dieser beiden Kurven ist ersichtlich, daß wir insgesamt 4 Flugperioden unterscheiden konnten:

I. Flugperiode = Anfang Juni,
II. Flugperiode = Anfang bis Mitte Juli,
III. Flugperiode = Anfang bis Mitte August,
IV. Flugperiode = Ende August/Anfang September.

Diese entsprechen aber nur drei Mücken-Generationen. Während die erste und zweite Flugperiode ziemlich genau mit der ersten und zweiten Generation zusammentreffen, zeigen die dritte und vierte Flugperiode etwa den Beginn und das Ende des Auftretens der tatsächlichen dritten Generation an.

Unter natürlichen Verhältnissen konnten wir von der zweiten Flugperiode an die Mücken laufend mehr oder weniger zahlreich an den Pflanzen beobachten.

## Zusammenfassung

Wie bei zahlreichen anderen Gallmückenarten, so konnte auch bei der Luzerneblütengallmücke *Contarinia medicaginis* Kieff. festgestellt werden, daß während einer Flugperiode zunächst mehr Männchen als Weibchen schlüpfen, das Verhältnis von Männchen : Weibchen aber schließlich etwa 1 : 1,5 beträgt. Die Männchen halten sich, nachdem sie den Boden verlassen haben, an den unteren Pflanzenteilen auf. Die Kopulation erfolgt wahrscheinlich gleichfalls in Bodennähe. Danach suchen die Weibchen die Knospen der Luzernepflanzen auf, um ihre Eier abzulegen. Im Durchschnitt konnten wir 3–5 Eier pro Gelege zählen. Die Männchen sterben bald nach der Kopulation, die Weibchen bald nach der Eiablage.

Die Dauer der Embryonalentwicklung beträgt bei einem durchschnittlichen täglichen Temperaturmaximum von 20° C 4–5 Tage, die Larvenentwicklung unter den von uns angegebenen Bedingungen etwa 24 Tage. Sobald die Larven erwachsen sind, verlassen sie die Gallen und spinnen in einer Bodentiefe bis ca. 3 cm einen Kokon, in dem sie sich zu Puparien umbilden. Die Verpuppung selbst findet direkt unter der Bodenoberfläche statt. Die Puppenruhe dauert etwa 10–12 Tage, die Zeit vom Eindringen der Larven in den Boden bis zum Schlüpfen der Imagines beträgt in den Sommermonaten etwa 15 Tage.

Von den einzelnen Generationen beendet nur ein Teil der Larven bzw. Puparien seine Entwicklung, während der Rest längere Zeit im Boden überliegt.

Die Überwinterung der Luzerneblütengallmücke erfolgt in Form der Puparien, seltener als Larven.

Jährlich ist mit 3 Generationen zu rechnen. Die Generationen sind aber nicht mit den Flugperioden von *Contarinia medicaginis* Kieff. gleichzusetzen. In unseren Untersuchungen entsprachen 4 Flugperioden im Jahr nur 3 Generationen.

## Summary

It is shown that in the lucerne flower gall midge, *Contarinia medicaginis* Kieff., as in many other gall midges, more males emerge at first during a flight period than females, but the final ratio of males to females is 1 : 1,5. After leaving the soil, the males remain in the lower parts of the plants and copulation probably also takes place near the ground. After this, the females search out lucerne buds for egg laying; on the average, there are 3–5 eggs per batch. The males die soon after copulation, the females shortly after oviposition.

Embryonic development takes 4–5 days at an average daily maximum temperature of 20° C, larval development under the conditions given takes about 24 days. On reaching maturity, the larvae leave the galls and form a coccoon up to 3 cm deep in the soil for pupation; pupation can even occur immediately below the surface. The pupal stage lasts 10–12 days and the

time from the entry of the larva into the soil and the emergence of the adult is about 15 days in the summer months.

Not all of the larvae or pupae of the individual generations complete their development, some remain in the soil for a long time.

*C. medicaginis* overwinters as a pupa, more rarely as a larva.

There are three generations annually, but these do not correspond with the flight periods. In our studies, four flight periods in a year represent only three generations.

## Literatur


1. Barnes, H. F. (1946): Gall midges of economic importance. London, Bd. II, 40–56.
2. Blattny, C., Kač, A. & Hoffer, A. (1947): Pozorováni a pokusy s potiránim bejlomorky vojtêškovê *(Contarinia medicaginis)* c cechách vv. 1943. Sbornik êeskoslov. akad. zemêd. **18**, 318–320. Ref.: Z. Pflanzenkrankh. **60**, 1953, 377.
3. Blattny, C., Kač, A. & Hoffer, A. (1948): Observations on and Experiments with Cultivation of Lucerne for Seed, with particular Reference tu the Control of the Lucerne Gall-midge and other noxious Factors affecting Lucerne. Ochrana Rostlin (Prag), 19–20, 40–46. Ref.: Rev. appl. Entomol. **37**, 1949, 1–2.
4. Bollow, H. (1950): Weitere Beobachtungen über die Roggengallmücke und die von ihr angerichteten Schäden. Pflanzenschutz (München), **2**, 100–102.
5. Bollow, H. (1952): Die Gallmücke *Dasyneura affinis* Kieff. als Schädling der Veilchen. Pflanzenschutz (München), **4**, 32–33.
6. Bollow, H. (1954): Die Luzerneblütengallmücke (*Contarinia medicaginis* Kieff.) und die anderen luzereschädigenden Gallmücken-Arten. Pflanzenschutz (München), **6**, 144–147.
7. Bollow, H. (1955): Die Roggengallmücke *(Mayetiola secalis* u. sp.) und andere an Getreide lebende *Mayetiola*-Arten (Dipt. Itonididae). Z. Pfl.bau u. Pfl.schutz **6**, 249–296.
8. Carlini, L. (1937): Diffusione e danni di *Contarinia loti* in Val di Chiane e Media Val Teverina. (The Distributions of and Losses caused by *C. loti* in the Val di Chiana and Media Val Teverina Districts). Note Appuncti sper Ent. agrar., Perugia, **3**, 75–86. Ref.: Rev. appl. Entomol. **26**, 1938, 189–190.
9. Christowa, K. (1954): Die Luzerneblütengallmücke *(Contarinia medicaginis* Kieffer) und ihre Bekämpfung. Bull. Pflanzenschutz Sofia **3**, 67–69. Ref.: Landw. Zentralbl. **6**, 1956, 1030.
10. Frickhinger, H. W. (1943): Die Drehherzmücke und ihre Bekämpfung. Kranke Pflanze **20**, 65–68.
11. Fröhlich, G. (1956): Zur Biologie und Bekämpfung der Kohlschotengallmücke *(Dasyneura brassicae* Winn.). Nachr.bl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin), n. F. **10**, 123–128.
12. Fröhlich, G. (1957): Die Luzerneblütengallmücke *Contarinia medicaginis* Kieff., ihre Biologie und Bekämpfung, unter besonderer Berücksichtigung spezieller Prognosemöglichkeiten. Inauguraldissertation, Leipzig.
13. Hey, A. (1943): Die Blütengallmücke und ihre Bedeutung für den Luzernesamenbau. Mitt. f. d. Landw. **58**, 350–352.
14. Hey, A. (1945): Die wichtigsten Krankheiten und Schädlinge im Samenbau der kleeartigen Pflanzen. Leipzig, 94–99.
15. Hey, A. (1947): Über den Stand der Luzerneverseuchung durch die Blütengallmücke *Contarinia medicaginis* Kieff. Nachr.bl. f. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin), n. F. **1**, 71.
16. Hornig, A. (1953): Die Bedeutung der Drehherzmücke *(Contarinia nasturtii* Kieffer) für den Kohlrübenanbau unter besonderer Berücksichtigung der Verhältnisse in Schleswig-Holstein. Z. angew. Entomol. **35**, 271–318.
17. Houard, C. (1904–1913): Des Zoocécidies des Plantes d'Europeet du Bassin de la Mediterranée, I–III. Paris 1904–1913, 1560.
18. Klinkowski, M. & Lehmann, H. (1937): Kranke Luzerne. Berlin, 1937.
19. König, F. (1929): Gallen an Luzerne. Dtsch. Landw. Presse **56**, 21.
20. Kolobova, A. (1929): A Contribution to the Study of Pests of Lucerne (in Ukrainian). Trud. Poltavsk. s.-g. dosvidn. Stantz **82**, 15 pp.
21. Lehmann, H. (1934): Luzerneschädlinge. 2. Diptera, Minierfliegen: *Agromyza frontella* Rondani und *Agromyza nana* Meigen, Gallmücken: *Contarinia medicaginis* Kieffer, *Asphondylia miki* Wachtl, *Dasyneura ignorata* Wachtl und *Jaapiella medicaginis* Kieffer. Z. Pflanzenkrankh. **44**, 331–348.

22. Lehmann, H. (1935): Die wichtigsten Luzerneschädlinge. Kranke Pflanze **12**, 175–179.
23. Lehmann, H. (1939): Luzerneschädlinge. 5. Massenwechsel (Gradation) der Luzerneblütengallmücke *(Contarinia medicaginis* Kieff.) und seine Vorhersage. Z. Pflanzenkrankh. **49**, 258–267.
24. Lehmann, H. (1949): Luzerneschädlinge. 6. Die vier Gallmücken der Luzerne, nebst einigen Bemerkungen über *Contarinia torquens* de Meij. Z. Pflanzenkrankh. **56**, 96–104.
25. Lüstner, G. (1924): Starkes Auftreten der Luzernegallmücke *(Dasyneura ignorata* Wachtl.) und der Luzernefliege *(Phytomyza affinis* Fallén) im Rheingau. Nachr.bl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Berlin), **4**, 53–54.
26. Manninger, A. G. (1940): Atatok a lucernabimbógubacslégy *(Contarinia medicaginis)* biológiájához, különös tekintettel a lucernamagtermesztésre. Mezögazdas. kutatás Budapest **13**, 97–102. Ref.: Rev. appl. Entomol. **29**, 1941, 12.
27. Ossiannilsson, F. (1937): Lucerngallmyggan *(Contarinia medicaginis* Kieff.). Medd. St. Växtskyddsanst., Stockholm, **20**, 1–43.
28. Tomaszewski, W. (1931): Cecidomyiden (Gallmücken) als Grasschädlinge. Arb. Biol. Reichsanst. **19**, 1–15.
29. Waede, M. (1955): Bemerkungen zum Auftreten der Weizengallmücke *Contarinia tritici* Kirby und *Sitodiplosis mosellana* Géhin. im südlichen Niedersachsen 1954. Nachr.bl. f. d. Dtsch. Pflanzenschutzd. (Braunschweig), **7**, 49–54.
30. Watzl, O. (1939): Studien über die Entwicklung und Lebenslauf der Goldhafermücke, eines alpinen Grassamenschädlings. Arb. phys. angew. Entomol. **6**, 176–189.

# *Scolytidae (Col.)* an *Pinus*-Arten in Mittelamerika

## IV. Das Genus *Dendroctonus* Erichson

(7. Beitrag zur Forstentomologie Mittelamerikas)

Von F. Schwerdtfeger, Göttingen

Angehörige der Borkenkäfer-Gattung *Dendroctonus* Erichson gehören zu den gefährlichsten und wirtschaftlich bedeutungsvollsten Primärschädlingen der Kiefernwälder Mittelamerikas, insbesondere Guatemalas.

### Allgemeines

Morphologische Kennzeichen der *Käfer* (Abb. 1 und 14) sind nach Hopkins (1909) der breite, vorragende Kopf, die fast runden bis länglich ovalen, quergestellten Augen hinter der Basis der Antennen, die Ausgestaltung der Antennen mit langem, keulenförmigem Basalglied, fünf kurzen Mittelgliedern und einer breiten Endkeule, die am Grunde verdickt, nach der Spitze hin abgeflacht ist und aus 3 bis 4 engverbundenen, durch gebogene Linien voneinander getrennten Gliedern besteht; die Stirn trägt in ihrer Mitte nahe der Basis der Oberkiefer eine deutliche Erhebung, den Epistomal-Fortsatz. Die Flügeldecken weisen feine bis grobe Strukturen zwischen Reihen von schwachen bis ausgeprägten Punkten auf. Die Länge der Käfer schwankt zwischen 2,5 und 10 mm, ihre Farbe in ausgereiftem Zustand ist dunkelbraun oder schwarz; ihr Körper ist mehr oder weniger mit kurzen oder langen Haaren bedeckt.

*Abb. 1. Dendroctonus adjunctus.*
Vergr. 5 : 1

Eier, Larven und Puppen entsprechen in ihrem Äußeren dem allgemeinen Scolytiden-Typ.

Hinsichtlich der *Lebensweise* ist für fast alle Arten der Gattung charakteristisch, daß sie völlig gesunde Bäume angreifen können, wenn auch viele Arten geschwächte Wirtsbäume vorziehen. Die angegriffenen Koniferen reagieren mit reichlichem Harzausfluß, dem die Käfer oft weichen müssen, oder in dem sie zugrunde gehen; doch ist ihre Fähigkeit, dem Harz zu widerstehen, bemerkenswert und größer als bei anderen Scolytiden-Gattungen; man kann häufig Käfer beobachten, die sich inmitten flüssigen Harzes fortbewegen wie der Taucher im Wasser, oder die so mit Harz überdeckt sind, daß sich ihre Formen kaum erkennen lassen. Gelingt der Angriff, so bohren die Käfer paarweise in der Bastschicht der Rinde platzartige oder häufiger gangartige Muttergänge, deren Form für die einzelnen Arten charakteristisch ist; die Mutter-

gänge werden teilweise mit Bohrmehl verstopft. An den Gangwänden werden unmittelbar oder in kleinen Vertiefungen die Eier abgelegt. Die Larven fressen vorwiegend in der Bastschicht zusammenhängende, platzartige Gänge, meist aber voneinander getrennte Einzelgänge, die zunächst mehr oder weniger senkrecht vom Muttergang wegführen; diese Gänge sind in der Regel auffallend kurz und ebenfalls fest mit Bohrmehl verstopft. Die Verpuppung erfolgt in der Bastschicht oder inmitten der Rinde. Der Jungkäfer bohrt sich durch ein in radialer Richtung verlaufendes Ausbohrloch nach außen.

Nach HOPKINS (1909) und DOANE et al. (1936) sind 25 Arten der Gattung bekannt, die nur in Koniferen leben und mit einer einzigen, in Europa auftretenden Ausnahme (*Dendroctonus micans* Kug.) sämtlich auf dem amerikanischen Kontinent von Kanada bis Honduras beheimatet sind. Ihre *wirtschaftliche Bedeutung* ist sehr erheblich. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika hat *Dendroctonus engelmanni* Hopk. in den Jahren 1942 bis 1948 etwa 9 Millionen Kubikmeter Fichten (WYGANT-NELSON 1949), *D. ponderosae* Hopk. zwischen 1894 und 1908 etwa 2 bis 4 Millionen Kubikmeter Kiefern zum Absterben gebracht (BLACKMAN 1931). Der Wert des von *D. frontalis* Zimm. in den Südstaaten seit 1891 getöteten Holzes wird von ST. GEORGE-BEAL (1929) mit 50 Millionen Dollar angegeben. DOANE et al. (1936) schätzen den Wert der durch die verschiedenen Arten der Gattung *Dendroctonus* in den Vereinigten Staaten angerichteten Schäden auf durchschnittlich 20 Millionen Dollar im Jahr.

Für Mittelamerika südlich von Mexiko nennt BLACKWELDER (1947), offenbar auf den Angaben von BLANDFORD (1895) fußend, nur 2 Arten: *Dendroctonus adjunctus* Blandf. und *D. terebrans* Ol., beide aus Guatemala. G. BECKER (1952) setzt *D. terebrans* Ol. = *D. valens* Lec. und fügt als weitere in Guatemala vorkommende Arten *D. mexicanus* Hopk. und *D. parallelocollis* Chap. hinzu. In einer späteren Arbeit (1954) nennt BECKER außerdem *D. approximatus* Dietz nach einer Determination von K. E. SCHEDL sowie die neue, von T. O. THATCHER beschriebene Art *D. beckeri*. In seiner Monographie über die Kiefern-Borkenkäfer Guatemalas erklärt SCHEDL (1955) auf Grund eingehender Untersuchungen, insbesondere an dem vom Verfasser gesammelten Material, die Arten *D. parallelocollis* und *approximatus*, ferner *D. valens* und *beckeri* als synonym; die von BLANDFORD als *D. terebrans* aufgeführten Stücke seien in *D. valens* einzubeziehen.

Legt man, wie es im Nachfolgenden geschehen soll, die Monographie SCHEDLS zugrunde, so sind für Mittelamerika 4 *Dendroctonus*-Arten nachgewiesen, und zwar *D. adjunctus* Blandf., *D. mexicanus* Hopk., *D. parallelocollis* Chap. und *D. valens* Lec.

## *Dendroctonus adjunctus* Blandford

Die Art ist zuerst von CHAMPION bei Totonicapán in Guatemala gefunden und von BLANDFORD 1895 in seiner Zusammenstellung der Scolytiden Mittelamerikas beschrieben worden. HOPKINS übernahm die Beschreibung in seine Monographie der Gattung *Dendroctonus* (1909) und gab dem Käfer den Vulgärnamen „Guatemalan Beetle". BATES (1932), JOHNSTON (1939) und HOLDRIDGE-LAMB-MASON (1950) bezeichnen die Art neben *D. mexicanus* als Urheber der ausgedehnten, in den Kiefernwäldern Guatemalas zu beobachtenden Borkenkäferschäden. Eingehend befassen sich mit ihr BECKER (1952, 1954) und SCHEDL (1955).

Der *Käfer* (Abb. 1) ist 3,5–5,6, meist 4–5 mm lang und 1,4–2,1, meist 1,6–1,9 mm breit. Ergebnisse zahlreicher Messungen sowie Einzelheiten über die Morphologie des Käfers bringt BECKER (1954).

### A. Fraßbild

Das *Fraßbild* ist gekennzeichnet durch den langen, vorwiegend als Lotgang ausgebildeten *Muttergang* (Abb. 2). Er beginnt mit einem 2–6, meist 3–5 cm langen, quer zur Richtung der Holzfaser verlaufenden Stück und stellt sich dann mit sanftem Bogen in die Faserrichtung ein. Zuweilen findet man zwei von einem Einbohrloch ausgehende, entgegengesetzte Richtungen einschlagende Ganganfänge (Abb. 3). Bei starker Harzabgabe des Stammes, namentlich bei den ersten Angriffen auf einen noch vollkräftigen Baum, können die Ganganfänge unregelmäßig gestaltet, gegabelt (Abb. 4) oder anderweitig verzweigt und nach mehreren Richtungen hin ausgebildet sein. Bei abgeschlagenen Angriffsversuchen sind sie mit erstarrtem Harz angefüllt.

*Abb. 2.* Fraßbild von *Dendroctonus adjunctus* an *Pinus rudis*. Bei Quezaltenango, 2500 m. 16. 5. 51

*Abb. 3.* Zwei von einem Einbohrloch in entgegengesetzter Richtung verlaufende Ganganfänge von *Dendroctonus adjunctus*. Die von diesen Gängen umschlossenen beiden anderen Ganganfänge gehen von zwei verschiedenen Einbohrlöchern aus. Etwa 2 : 3. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 10. 12. 51

Der eigentliche, der Faserrichtung folgende Muttergang ist bis 1 m, meist 60–80 cm lang. Seine Breite beträgt 3–4, in Ausnahmefällen 5 mm, ist also im Verhältnis zur Breite des Käfers beträchtlich und wesentlich größer als bei *Ips*-Arten von entsprechenden Körpermaßen. Der Lotgang streicht in der Regel nach oben, selten nach unten, und ist mehr oder weniger sanft geschlängelt, zuweilen auch nahezu gerade. Mehrere beieinander liegende Muttergänge laufen meist parallel und kreuzen sich nicht; nur bei hohem Besatz kommt es zu Überschneidungen. Die Gänge verlaufen vorwiegend in der Bastschicht und schürfen den Holzkörper nur schwach; doch sind sie meist auch auf diesem, selbst wenn das Bohrmehl entfernt ist, durch eine sich

bildende, weißlich eintrocknende Harzauskleidung deutlich sichtbar, vor allem an den Ganganfängen. Sie sind mit braunem, zusammengepreßtem Bohrmehl angefüllt.

Die Muttergänge weisen häufig grubenartige Vertiefungen auf, die radial nach außen in die Rinde dringen und sich meist kegelförmig verjüngen; nur zum Teil wird von ihnen die Rindenoberfläche erreicht oder mit einer Öffnung durchstoßen, deren Durchmesser meist kleiner ist als die Breite des Käfers. Becker nennt verschiedene Erklärungsmöglichkeiten: es könne sich um die auch bei anderen Borkenkäfern bekannten Luftlöcher handeln, oder um Öffnungen, aus denen – soweit sie Käferdicke besitzen – Männchen den Muttergang verlassen oder mit deren Hilfe Weibchen von außen Männchen angelockt oder schließlich Cleridenlarven Bohrmehl ausgeworfen haben. Man kann auch daran denken, daß es sich um Gangerweiterungen handelt, welche ausreichenden Platz für den wiederholten Begattungsakt schaffen.

*Abb. 4.* Anfang eines Fraßganges von *Dendroctonus adjunctus* an frischbefallener, stark harzender *Pinus rudis*. Etwa 1 : 1. Bei Quezaltenango, 2500 m. 17. 10. 51

Zu beiden Zeiten des Muttergangs gehen, nahezu rechtwinklig zu ihm, die *Larvengänge* ab. Sie verlaufen fast ganz in der Bastschicht und zeichnen sich auf dem Holzkörper kaum ab; stellenweise sind sie ganz im Bast verschwunden (Abb. 5). Nur an Stammteilen mit dünner Rinde und besonders an deren dünnsten Stellen schürfen sie das Holz etwas tiefer. Die Larvengänge sind wenige Millimeter bis etwa 2 cm voneinander entfernt; man findet auch längere Muttergangstücke, die keine Larvengänge aufweisen, insbesondere ist der Anfang des Muttergangs in der Regel frei von ihnen. Sie sind meist gewunden, beginnen entsprechend der geringen Dicke der eben geschlüpften Larven mit einem engen Anfangsteil, werden aber rasch breiter und besitzen platzartige Erweiterungen; sie weichen einander meist aus, bei dichtem Besatz überschneiden sie sich auch und kreuzen sie selbst Muttergänge. Ihre bei abgehobener Rinde sichtbare Länge ist auffallend gering, meist 2 bis 3 cm, in seltenen Fällen, namentlich in dünner Rinde, bis 5 cm. Der Larvengang dringt dann tiefer in die Rinde ein (Abb. 6); dieser Gangteil ist meist schwer zu erkennen, weil das festgestopfte Bohrmehl, das ihn füllt, an Farbe völlig der umgebenden Rinde gleicht. Ist die Borke dick, so verläuft dieser Endabschnitt des Larvenganges einigermaßen geradlinig nach außen, also in Rich-

*Abb. 5.* Muttergänge von *Dendroctonus adjunctus* mit Larvengängen an *Pinus rudis*. Etwa 1 : 1. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 5. 10. 51

tung des Stammradius; bei dünner Rinde windet er sich mehr oder weniger parallel der Außenseite innerhalb der trockenen Borke.

In Verlängerung des Larvenganges wird die *Puppenwiege* angelegt, nach BECKER inmitten der Borke meist 10 bis 15 mm vom Kambium entfernt, wobei die Längsachse der Wiege in Richtung des Stammradius liegt und der Kopf der Puppe bzw. des Jungkäfers nach außen gerichtet ist. Demgegenüber fand ich eine recht unterschiedliche Anlage der Puppenwiegen. Sofern sie bei dünner Rinde in der Borke liegen, verläuft ihre Längsachse einigermaßen in Richtung der Holzfaser (Abbildung 7). Man findet aber auch Puppenwiegen im Bastteil der Rinde, wobei sie mehr oder weniger tief in das Holz eindringen; meist verläuft dann ihre Längsachse parallel der Holzoberfläche, in der oder quer zur Faserrichtung (Abb. 8). Es wurden auch teils in Holz, teils in die Rinde eingeschnittene Puppenwiegen beobachtet, deren Längsachse in radialer Richtung zeigte (Abb. 9), oder völlig im Holz versenkte Wiegen.

Wie sehr die Lage des Verpuppungsortes von der Dicke der Rinde abhängig ist, zeigten einige stichprobenartig durchgeführte Auszählungen: Bei einer

| Rindendicke von | 10–20 | 5–7 | 3–4 | mm waren |
|---|---|---|---|---|
| | 100 | 80 | 5 | % der Puppenwiegen |

inmitten der Rinde, der übrige Anteil zwischen Rinde und Holz; unter der dünnsten Rinde von 3 bis 4 mm Stärke fanden sich auch zahlreiche Wiegen im Holz.

Von der Puppenwiege aus verläuft der Ausbohrgang des Jungkäfers auf dem kürzesten Wege nach außen. Die *Fluglöcher* sind 2 bis 3 mm weit und kreisrund. Im Gegensatz zu den Einbohrlöchern liegen sie nicht versteckt in Rindenspalten, sondern sind mehr oder weniger willkürlich über die Rindenoberfläche verteilt und durchstoßen selbst abstehende Rindenschuppen.

### B. Lebensweise

Nach dem *Anflug* an den stehenden, gesunden Wirtsbaum kriecht der Käfer stammaufwärts, die Rinde nach einem passenden Ort zum *Einbohren* prüfend. Wie bei anderen *Dendroctonus*-Arten sind es bei *D. adjunctus* wahrscheinlich auch die Weibchen, welche den ersten Angriff ausüben; die Männchen folgen nach. In einer tiefen Spalte der dicken, zerklüfteten Borke, wo die Rindenoberfläche dem Holzkörper am nächsten ist, beginnt der Käfer schräg aufwärts in die Rinde einzudringen; häufig ist das Einbohrloch unter einer Rindenschuppe verborgen. Beim Nagen entsteht rötliches Bohrmehl, das herunterfällt und auf Rindenvorsprüngen liegenbleibt; es ist am völlig gesund erscheinenden Stamm das erste Kennzeichen des begonnenen Angriffs. Sobald der Käfer in die innere, lebende Rinde vordringt und

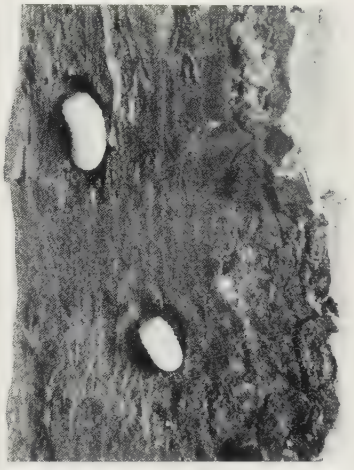

*Abb. 6.* Larven von *Dendroctonus adjunctus* inmitten der trockenen Borke einer *Pinus rudis*. Links Holz-, rechts Außenseite. Vergr. 2 : 1. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 25. 10. 51

*Abb. 7.* Puppenwiege mit Jungkäfer von *Dendroctonus adjunctus* inmitten der trockenen Borke. Links Holz-, rechts Außenseite. Vergr. 4 : 1. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 10. 12. 51

Harzgänge anschneidet, fängt der Baum an, Harz ausfließen zu lassen. Es beginnt ein *Kampf* zwischen der Widerstandskraft der Kiefer, die in ihrem Harzvermögen beruht, und dem angreifenden Käfer. Der bisher fertiggestellte Einbohrgang füllt sich mit flüssigem Harz, das den Käfer umhüllt und einzuschließen droht. Er schafft es laufend nach außen, und es entsteht auf diese Weise rings um das Einbohrloch eine charakteristische Ansammlung von erstarrendem Harz, der Harztrichter (pitch tube). In diesem Stadium des Frischbefalls kann man in dem sich formenden Harztrichter in kurzen Zeitabständen die Käfer, Weibchen und Männchen, geradezu im Harz schwimmend, erscheinen und kleine Harztröpfchen nach außen schaffen sehen. Je nach der Stärke des Harzflusses dringen die Käfer mehr oder weniger langsam bis zum Kambium und zum Holzkörper vor; hier beginnt das Weibchen zwischen Rinde und Holz den Muttergang anzulegen, der bei starkem Widerstand des Baumes unregelmäßige, verzweigte Formen annimmt; der Käfer versucht in verschiedenen Richtungen vorzudringen, wird aber, wenn der Harzfluß zu stark ist, entweder aus dem Stamm vertrieben oder vom Harz umschlossen und erstickt; man findet dann die Käfer außen in der Harzröhre kle-

*Abb. 8.* Puppenwiegen von *Dendroctonus adjunctus,* in das Holz eingreifend. Vergr. 2 : 1. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 10. 12. 51

ben oder im Innern des angefangenen Ganges in erstarrtem Harz eingebettet (Abb. 10). Wird der Widerstand des Baumes überwunden, was Tage und Wochen in Anspruch nehmen kann, so beginnt das Weibchen den charakteristischen, oben beschriebenen Muttergang zu nagen, während das Männchen das Bohrmehl herausschafft.

Die *Harztrichter* (Abb. 11) sind – neben dem Bohrmehl – das zweite, auffallendere Kennzeichen des erfolgten Käferangriffs. Sie sind zunächst formlos, lediglich Harzansammlungen um das Einbohrloch mit einer zentralen Röhre, durch die der Käfer weiter das Harz hinausbefördert. Die Farbe ist weißlich. Wird der Angriff abgeschlagen, so füllt sich die Röhre mit Harz, es bleibt ein kompakter Harzklumpen, der erstarrt. Bei gelungenem Angriff können die Harztrichter eine kennzeichnende Gestalt annehmen: sie werden bis zu 5 cm lang, 1 bis 2 cm dick, an der Basis breiter und zur Spitze hin verjüngt; sie neigen sich leicht nach unten. Wenn der Käfer den Muttergang begonnen hat, schafft er auch das Bohrmehl nach außen, das mit dem Harz vermischt dem Trichter eine gelbliche bis rötliche Färbung gibt. Stärkere Einlagerung von Bohrmehl im Harztrichter weist regelmäßig darauf hin, daß der Käferangriff gelungen und der Muttergang begonnen ist. Nach einiger Zeit wird die Röhre mit Bohrmehl, vermischt mit Harz, verschlossen. Die Harztrichter bewahren längere Zeit, nach Becker etwa 2 Jahre, annähernd ihre Gestalt, sofern sie nicht auf der Sonnenseite des Stammes etwas abschmelzen; später verlieren sie Form und Farbe und sind als gelbe oder graue Harzklumpen am lebenden Stamm Zeugen eines in früherer Zeit abgeschlagenen *Dendroctonus*-Angriffs, am toten Stamm Hinweis auf die Ursache des Absterbens.

*Abb. 9.* Puppenwiegen von *Dendroctonus adjunctus,* in Rinde und Holz eingeschnitten, mit radialer Längsachse. Links Holzkörper, rechts, daneben gelegt, das entsprechende, aufgeklappte Rindenstück. Vergr. 1 : 1. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 10. 12. 51

Wenn der Baum schon stark besiedelt ist, kann seine Harzfähigkeit derart herabgesetzt sein, daß nun noch eindringende Nachzügler keine Trichterbildung mehr bewirken.

Die ersten Einbohrungen am stehenden Stamm erfolgen nach Becker vorzugsweise in *Höhenbereichen* zwischen etwa 3 und 6 m, im Raume oder unterhalb der ersten stärkeren Kronenäste; ist der Baum geschwächt und im Absterben begriffen, so wird er

ziemlich gleichmäßig dicht besiedelt. Ich selbst stellte an einer gesunden Kiefer, deren Befall von den ersten Anfängen an beobachtet werden konnte, ein Fortschreiten der Einbohrungen von unten nach oben fest.

An diesem Baum wurde bei verschiedenen Kontrollen die Zahl der vorhandenen Harztrichter am Stamm an den drei untersten, durch Astquirle abgegrenzten Abschnitten von 0 bis 115, von 115 bis 250 und von 250 bis etwa 390 cm Höhe ermittelt; die Oberflächen dieser Stammabschnitte waren ungefähr gleich; es fanden sich

| am | Harztrichter im | 1. Abschnitt | 2. Abschnitt | 3. Abschnitt |
|---|---|---|---|---|
| 6. 9. 1951 | | 0 | 0 | 0 |
| 28. 9. | | 23 | 9 | 0 |
| 6. 10. | | 32 | 22 | 0 |
| 17. 10. | | 39 | 41 | 5 |
| 27. 10. | | 54 | 57 | 18 |
| 29. 11. | | 54 | 94 | viele |
| 29. 1. 1952 | | 55 | 95 | 72 |

Der unterste Abschnitt wurde zunächst stärker beflogen, wobei allerdings ein halber Meter über dem Boden nahezu frei blieb. Dann nahm die Zahl der Trichter im zweiten Abschnitt zu, so daß sie bald die Zahl der Einbohrungen im untersten Stammabschnitt übertraf; sie

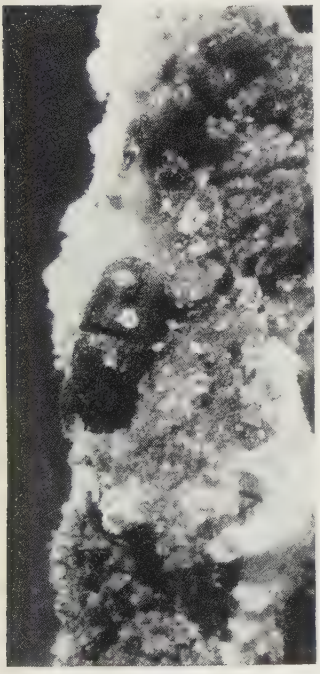

*Abb. 10. Dendroctonus adjunctus,* im Harz eingeschlossen und abgestorben. Vergr. 5 : 1. Sierra Maria Tecúm, 3200 m. 10. 12. 51

*Abb. 11.* Harztrichter von *Dendroctonus adjunctus* am Stamm einer *Pinus pseudostrobus.* Vergr. 2 : 1. Zwischen San Franzisko an Alto und Momostenango, 2600 m. 13. 9. 51

wuchs noch an, während diese auf dem erreichten Stand stehen blieb. Die Besiedelung des dritten Abschnitts setzte erst später ein, nahm dann aber schnell zu und griff auch auf den darüber liegenden Stammbereich über. Das Beispiel zeigt, welch lange Zeit die volle Besiedelung eines Stammes in Anspruch nehmen kann.

Nach Becker reicht der Befall bei großen Bäumen bis in eine *Höhe* von ungefähr 15 m hinauf; er findet ein natürliches Ende durch die abnehmende

Rindendicke. Nach meinen Beobachtungen wurden befallen Stämme und Stammteile mit einem *Durchmesser* von mehr als etwa 10 cm; nur ausnahmsweise, vor allem, wenn keine dickeren Stämme vorhanden sind, greift der Käfer auch dünne Stämmchen an; bevorzugt werden starke Durchmesser von mehr als 20 cm.

Die *Angriffsdichte,* d. h. die Zahl der Harztrichter je Flächeneinheit der Stammoberfläche, kann von Stamm zu Stamm und auch an den einzelnen Stammteilen sehr unterschiedlich sein. Sie braucht nicht der *Befallsdichte,* d. h. der Zahl der geglückten Muttergänge je Flächeneinheit, zu entsprechen. Becker fand bei Auszählungen an erfolgreich besiedelten Stämmen 0,4 bis 2,5 Harztrichter auf 100 qcm Rindenfläche. Die entsprechenden Zahlen für die Muttergänge waren durchweg größer: das Verhältnis Muttergänge zu Harztrichter lag zwischen 1,4 und 5,7 zu 1. Daraus ist abzuleiten, daß ein großer Anteil der Muttergänge angelegt wurde, nachdem das Harzvermögen der Stämme erschöpft war.

Die Spuren mißglückter Angriffsversuche findet man häufig. Becker ist der Ansicht, daß die ersten Angriffe auf den völlig gesunden, kräftigen Baum für die Käfer sehr oft vergeblich seien. Immerhin fand Verfasser an zahlreichen Stellen Kiefern, deren Harztrichter sich sämtlich oder mit nur geringen Ausnahmen in gelungene Muttergänge fortsetzten. Entscheidend für das sofortige Gelingen oder Nichtgelingen des Angriffs wird sein, ob die Zahl der eindringenden Käfer zur Brechung des Widerstandes der Kiefer ausreicht. An der europäischen Fichte (*Picea excelsa* Link) konnte nachgewiesen werden, daß ihre Harzfähigkeit beschränkt ist, daß, wenn ihr zahlreiche kleine Verletzungen (Einbohrlöcher) beigebracht werden, wesentlich weniger Harz aus der einzelnen Wunde ausfließt, als wenn die Zahl der Verletzungen klein ist (Schwerdtfeger 1948, 1955). Die gleichen Verhältnisse dürften vermutlich bei der Kiefer vorliegen. Greift innerhalb einer kurzen Zeitspanne, d. h. innerhalb weniger Tage, eine große Zahl von Käfern an, so vermag der Baum nicht genügend Harz in jedes einzelne der zahlreichen Einbohrlöcher abzugeben, und der Befall gelingt ohne nennenswerte Verluste für den Angreifer. Ist die Zahl der Käfer kleiner, oder verteilt sich der Anflug über eine längere Zeitspanne, innerhalb welcher der Baum laufend neues Harz zu produzieren vermag, so wird der Angriff abgeschlagen. An vielen neuen Befallstellen des *D. adjunctus* konnte im Lauf des Sommers 1951 festgestellt werden, daß in ihrem Zentrum kaum, an ihren Rändern dagegen viele mißlungene Angriffsversuche zu finden waren; vermutlich waren die Angriffe im Zentrum sogleich mit genügender Stärke erfolgt, an den Rändern dagegen hatten sie sich verzettelt und waren erfolglos geblieben. Die Kiefern, die zunächst wirksamen Widerstand geleistet haben, werden häufig bei späteren Angriffen doch noch von *Dendroctonus* überwältigt, oder sie werden, wenn sich der Schädling in Teilen des Stammes festsetzen konnte und sie infolgedessen eine Schwächung erleiden, ein Opfer anderer, sekundärer Borkenkäfer-Arten. Häufig findet man aber auch völlig gesunde Kiefern mit alten Harztrichtern, die offenbar vor Jahren einen Angriffsversuch überstanden haben.

Der *Muttergang* wird zunächst von Bohrmehl freigehalten; man trifft in diesem Anfangsstadium der Bohrtätigkeit fast regelmäßig am Ende des Ganges das Weibchen und in der Nähe des Eingangs das Männchen, welches das Bohrmehl und das Harz hinausschafft. Hat der Muttergang eine Länge von 10 bis 20 cm erreicht, so wird der Eingang verschlossen und die Röhre im In-

nern des Harztrichters sowie der Anfangsteil des Ganges mit Bohrmehl verstopft. Das anfängliche Offenhalten des Einganges hängt wahrscheinlich mit dem Harzfluß zusammen; der Gang wird geschlossen, wenn der Widerstand des Wirtsbaumes endgültig gebrochen ist und ausfließendes Harz den Käfern und ihrer Brut nicht mehr gefährlich werden kann. Da dies, vom Beginn des Einbohrens an gerechnet, entsprechend der Angriffsdichte und anderen Bedingungen verschieden lange dauern kann, ist auch der Zeitpunkt des Gangverschlusses und die Länge noch offener Muttergänge unterschiedlich. Am Ende des Ganges bleibt eine Strecke von etwa 10, später nur von etwa 5 cm von Bohrmehl frei, in der die Käfer ungehinderte Bewegung haben. Je Tag wird in diesem Stadium der Entwicklung, wenn der Harzfluß nicht mehr hemmend wirkt, bei einer Temperatur von 17° C der Muttergang um rund 1 cm verlängert.

Um die Anlage der Muttergänge, die Eiablage usw. genauer verfolgen zu können, richtete Verfasser einfache Versuche ein derart, daß bei der Eiablage befindliche Käfer dem Wirtsbaum entnommen und im Zimmer in Zuchtkästen an frischgeschnittene, etwa 40 cm lange Rollen von *Pinus rudis* Endl. gesetzt wurden. Die Mehrzahl der Käfer bohrte sich innerhalb der nächsten Tage ein. In periodischen Abständen wurden die Rollen nacheinander entrindet. Zur Beobachtung der Eientwicklung wurden Rindenstücke mit Gangenden, die frischabgelegte Eier enthielten, in Petrischalen getan. Die Zimmertemperatur wurde morgens, mittags und abends ermittelt.

In diesen Versuchen, in denen die Temperatur sich nahezu konstant auf 16 bis 18°, im Mittel 17° C hielt, wurden von 6 verschiedenen Weibchen im Lauf von 20 bis 40 Tagen je Tag durchschnittlich 8 bis 12, im Mittel 10 mm Muttergang angelegt. Der längste Muttergang maß nach 40 Tagen 390 mm. Zur Vollendung eines Muttergangs in der üblichen Länge von 60 bis 80 cm benötigt ein Käfer also bei dieser Temperatur mindestens 60 bis 80 Tage, wahrscheinlich sogar mehr, da im Anfangsteil die gegen den Widerstand des Baumes täglich geschafften Strecken vermutlich kürzer sind. Die bohrmehlfreien Strecken an den Gangenden betrugen bei 6 zu verschiedenen Zeiten geöffneten Gängen nach 20 Tagen (vom Beginn des Einbohrens an gerechnet) 62, 68 und 94 mm, nach 30 Tagen 123 mm und nach 40 Tagen 150 und 60 mm.

Der Beginn der *Eiablage* scheint ungefähr mit dem Verschluß des Einganges, also mit der endgültigen Überwindung der Widerstandskraft des Baumes durch den Käfer, zusammenzufallen. Die Eier werden ohne Anlage deutlicher Einischen an die Gangwände abgelegt. Ein Weibchen legt meistens 70 bis 125, nach Becker im Höchstfall bis 200 Eier. Die *Embryonalentwicklung* dauert entsprechend den Temperaturverhältnissen 1 bis 2 Wochen.

In den vorerwähnten Versuchen begann, anders als am stehend befallenen Baum, die Eiablage ziemlich bald nach dem Einbohren der Käfer, weil einmal diese nitten aus der Eiablagetätigkeit herausgerissen waren und andererseits die geschnittenen Kiefernrollen, an die sie gesetzt wurden, nur ein geringes und bald versiegendes Harzvermögen besaßen. Die Strecken zwischen Einbohrloch und erster Eiablage betrugen in 6 Fällen 4 bis 50, im Mittel 26 mm. Wenn man diese erste, eiablagefreie Strecke unberücksichtigt läßt, wurden auf insgesamt 1475 mm Muttergang 282 Eiablagen gefunden; durchschnittlich entfiel also auf 5,2 mm Muttergang 1 Eiablage. An Fraßstücken von stehend befallenen Bäumen aus der Sierra Maria Tecúm wurden auf 730 mm Ganglänge 108 Eiablagen gezählt; auf 1 Eiablage entfielen hier 6,3 mm Muttergang. Legt man diese Zahlen zugrunde, so enthält ein Muttergang, der die übliche Länge von 60 bis 80 cm besitzt und nach Abzug der ablagefreien Anfangsstrecke von rund 15 cm Eiablagen auf 45 bis 65 cm aufweist, zwischen 70 und 125 Eiablagen. Bei 16 bis 18, im Mittel 17° C wurden durchschnittlich am Tage 2 Eier abgelegt. Die Embryonalenentwicklung dauerte bei dieser Temperatur 10 Tage.

Die *Larven* fressen zunächst in der saftigen Bastschicht; später dringen sie in die äußere, trockene Borke ein (siehe Seite 45). Becker schätzt die Zeit für die Entwicklung der Larven auf gewöhnlich 4 bis 8 Wochen. Diese Schätzung dürfte nur für die wärmsten Lagen des Befallgebietes zutreffen; in kühleren

Lagen dauert die Entwicklung wesentlich länger. Im Hauptbefallsgebiet der Sierra María Tecúm auf 3200 m Höhe fand ich in Stämmen, die im Mai und Juni 1951 infiziert worden waren, bis zum Eintritt des Winters, Ende November, nirgends Puppen, sondern bestenfalls ausgewachsene Larven; sie hatten in diesem recht kühlen Gebiet, das in der Zeit von Mai bis November eine Durchschnittstemperatur von 12° C haben mag, aber von *Dendroctonus* sehr schwer heimgesucht ist, bis zu diesem Entwicklungsstadium etwa 6 Monate benötigt.

In den Zimmerversuchen waren bei 16 bis 18, im Mittel 17° C die Larven nach 25 Tagen mittelgroß; bis zur Verpuppungsreife hätten sie schätzungsweise mindestens noch einmal die gleiche Zeit gebraucht. Die längsten Larvengänge maßen nach 7 Tagen 8 mm, nach 15 Tagen 15 mm und nach 25 Tagen 40 mm; die Larven hatten sich an 1 Tag 1,0 bis 1,6 mm weiter genagt.

Die *Verpuppung* findet gewöhnlich in der äußeren, trockenen Borke statt (Siehe Seite 46). Die Dauer der Puppenruhe schätzt Becker auf etwa 3 bis 5 Wochen. In einem Zuchtversuch, der bei einer Temperatur von 18 bis 28, im Mittel 23° C lief, fand ich eine Puppendauer von 11 Tagen.

Der *Jungkäfer* verharrt einige Zeit in der Rinde und bohrt sich meist in radialer Richtung nach außen, wenn er völlig ausgefärbt ist; er ist dann nahezu schwarz, nur die Elytren sind braun. Eines besonderen Reifefraßes am Ort der Entstehung oder an anderer Stelle bedarf er anscheinend nicht; vielleicht dient die Fraßtätigkeit während der Anlage des ersten, eiablagefreien Muttergangstückes der Reifung der Geschlechtsorgane.

Eine Anzahl von ziemlich ausgefärbten Jungkäfern, die aus der Rinde eines befallenen Stammes entnommen waren, wurde am 13. Dezember 1951 an eine Stammrolle von *Pinus rudis* gesetzt. Sie liefen auf der Rolle umher, wandten sich zum Licht und machten Flugversuche. Am Abend waren sie alle, bis auf einen, verschwunden; offenbar hatten sie sich unter den Rindenschuppen der Rolle versteckt. Sie blieben auch in den nächsten Tagen unsichtbar, Bohrmehl fand sich nicht; sie hatten sich also nicht in die Rolle eingebohrt. Erst Tage später wurde einer nach dem anderen sichtbar und abgefangen; an einer Stelle trat dann auch Bohrmehl auf. Eine Untersuchung nach 12 Tagen ergab an dieser Stelle einen 55 mm langen, waagerechten Gang, in ihm einen Käfer aber keine Eiablagen. Man kann aus der Beobachtung folgern, daß die Käfer, als sie an die Rolle gesetzt wurden, noch nicht flug- und brutbereit waren; sie versteckten sich, um diese Bereitschaft abzuwarten, und erschienen, als sie vorhanden war, wieder, um (in der Natur) einen Brutbaum anzufliegen; nur 1 Käfer benutzte die schon etwas angetrocknete Rolle, die den anderen anscheinend nicht zusagte, zum Brutgeschäft. Keiner der Käfer führte an dieser Rolle Reifungsfraß aus.

Die *Altkäfer* verlassen nach Beendigung der Eiablage den Muttergang. Ob sie in der Lage sind, wie andere *Dendroctonus*-Arten eine zweite oder gar noch eine dritte Brut, sogenannte Geschwisterbruten, anzulegen, ist unbekannt.

In den Seite 51 geschilderten Zimmerversuchen wurden die beiden zuletzt geöffneten Gänge von den Altkäfern verlassen vorgefunden. Das letzte, sonst freigehaltene Gangende war nicht ganz bohrmehlfrei; es lag lockeres Mehl im Gang, das nicht festgepreßt war wie in den übrigen Gangteilen. Die Eiablage hatte 30 bzw. 40 mm vor dem Abschluß des Ganges aufgehört. Dieses letzte Gangstück war hakenförmig gebogen und wies ein Ausbohrloch auf.

Die Dauer der *Generation* beträgt in den Gebieten des Massenvorkommens, in den Höhenlagen zwischen 3000 und 3400 m, ein Jahr. Die Eiablage ist hauptsächlich im Frühjahr, die Larven entwickeln sich im Sommer und Herbst und gehen nahezu ausgewachsen in den Winter, in dem während der kältesten Monate Dezember bis Februar die Entwicklung ruht. In den ersten Frühjahrsmonaten erfolgt die Verpuppung und einige Wochen später

der Ausflug der Jungkäfer und die Gründung der nächsten Generation. In den höheren Lagen, über 3400 m, wird die Generation mehr, in den niedrigeren Lagen, unter 3000 m, weniger als 1 Jahr beanspruchen; in warmen Gebieten, wo die Entwicklung nicht durch Winterkälte unterbrochen wird, mögen sich 2 oder 3 Generationen vollenden können; doch bedarf diese Vermutung der Nachprüfung.

Erschwert wird die Frage nach der Dauer der Generation (wie auch nach dem Vorkommen von Geschwisterbruten) durch die Tatsache, daß zu allen Jahreszeiten verschiedene Entwicklungsstadien nebeneinander anzutreffen, also keine Regeln hinsichtlich der *Phaenologie* der Art aufzustellen sind. Wenn ein Weibchen zur Vollendung der Eiablage viele Wochen benötigt (siehe Seite 51), so werden die erstgelegten Eier sich schon zu halbwüchsigen Larven entwickelt haben, ehe die Ablage beendet ist. Weiterhin ist der Entwicklungszyklus nicht an bestimmte Jahreszeiten gebunden. Wenn auch der Hauptanflug der Käfer im Frühjahr stattfindet, konnten eierlegende Weibchen in allen Monaten beobachtet werden; entsprechend sind die anderen Stadien zu den verschiedensten Jahreszeiten zu finden. In den Höhenlagen zwischen 3000 und 3400 m wurden während der Überwinterung 1951/52 eierlegende Käfer, die in ihrer Legetätigkeit durch die Kälte unterbrochen waren, Eier und Larven sämtlicher Entwicklungsstufen angetroffen. Die Bruten überschneiden sich also. Das kann sogar am selben Baum der Fall sein, wenn Teile von ihm zu verschiedenen Zeiten befallen wurden.

So fand z. B. Becker Ende April 1951 in Kiefern mit braunen, offenbar erst im Lauf der letzten Trockenzeit verfärbten Nadeln bis zu 1 m lange, von den Weibchen verlassene Muttergänge; ein Teil von ihnen enthielt am Ende noch erwachsene Larven, daneben wurden zahlreiche neue Muttergänge von 10 bis 20 cm Länge mit Eiern oder ganz jungen Larven angetroffen. Im Oktober 1951 stellte Verf. an einer Kiefer, deren Benadelung noch grün war, große Larven aus Frühjahrsbefall fest; in anderen Stammteilen waren frischeingedrungene Käfer bei der Eiablage.

## C. Vorkommen

*Dendroctonus adjunctus* ist in den verschiedensten Teilen Guatemalas gefunden worden; eine detaillierte Aufzählung der bisherigen Fundorte gibt Schedl. Auffallend ist, daß sämtliche Orte sich auf das Staatsgebiet von Guatemala beschränken und außerhalb dieses Landes bislang keine Vertreter der Art gesammelt wurden.

Der Käfer ist ein Tier der Hochgebirge. Von 36 Fundorten mit Höhenvermerken liegen 34 zwischen 2500 und 3200 m; je 1 Ort hatte die Höhe 2200 bzw. 1500 m. An den Vulkanen Agua und Tajumulco konnten ausgedehnte Schäden, wenn auch keine Käfer mehr, bis zu Höhen von 3700 und 3900 m festgestellt werden.

Hauptwirtsbaum ist *Pinus rudis* Endl. Daneben werden andere *Pinus*-Arten in untergeordnetem Maße befallen. In 39 Wirtsbaumangaben wurden 31mal *P. rudis,* 4mal *P. pseudostrobus* Lindl., 2mal *P. tenuifolia* Benth. und je 1mal *P. montezumae* Lamb. und *P. ayacahuite* Ehr. genannt. Die aus diesen Zahlenangaben abzulesende Bevorzugung von *P. rudis* ist in Wirklichkeit noch krasser; denn befallene *rudis*-Stämme wurden meist in größerer Zahl, solche der anderen Kiefernarten regelmäßig nur in Einzelstücken angetroffen; außerdem wurden für die anderen Kiefern sämtliche ermittelten Befallsorte notiert, während dies für *P. rudis*, ihrer Häufigkeit wegen, nicht geschah.

Über die von *D. adjunctus* in den Kiefernwäldern Guatemalas angerichteten Schäden, über seinen Massenwechsel und über Möglichkeiten der Schadensabwehr wird in einem gesonderten Beitrag berichtet werden.

## *Dendroctonus mexicanus* Hopkins

Hopkins (1909) nennt als Verbreitungsgebiet des „Smaller Mexican Pine Beetle" Mexiko und vermutlich auch das südliche Arizona und New Mexiko. Von Bates (1932), Johnston (1939) und Holdridge-Lamb-Mason (1950) wurde die Art neben *D. adjunctus* für die schweren Schäden in den Kiefernwaldungen Guatemalas verantwortlich gemacht. Becker

*Abb. 12.* Fraßbild von *Dendroctonus mexicanus* an *Pinus oocarpa*. Finca Sta. Elena bei Tegucigalpa, 1500 m. 21. 11. 51

(1954) deutete einige von ihm an 3 Orten Guatemalas gefundene Fraßbilder sowie Käfer als zu dieser Art gehörig (vergl. dagegen Schedl 1955, S. 11). Vom Verfasser wurde *D. mexicanus* in Honduras nachgewiesen.

Der *Käfer* ist nach Hopkins 3–4 mm, nach Perry im Durchschnitt 3,8 mm, nach Becker für die von ihm als *D. mexicanus* gedeuteten Stücke 3,6–4,8 mm

und nach dem Sammlungsmaterial des Verfassers 3,5–4 mm lang. Nach allen diesen Angaben ist er merklich kleiner als *D. adjunctus.*

Das *Fraßbild* ist eindeutig von demjenigen der letztgenannten Art unterschieden. Ein abgelöstes Rindenstück mit fertiggestelltem Fraßsystem zeigt ein Netzwerk von Gängen, die nach allen Seiten streichen (Abb. 12), ganz im Gegensatz zu den grundsätzlich in Längsrichtung verlaufenden Muttergängen des *D. adjunctus.* Bereits HOPKINS hat auf die sich windende Form der *Muttergänge* bei *D. mexicanus* hingewiesen. PERRY schildert ihre Entstehung näher: vom Einbohrloch wird der Gang für eine kurze Strecke senkrecht nach oben angelegt, damit das Harz ausfließen kann, dann biegt er um, beschreibt eine Spirale um den Stamm und nimmt die Form eines großen S an; bei noch nicht fertigen Gängen wurden Längen von 33–41 cm gemessen. Verfasser fand vollendete Fraßsysteme in *Pinus oocarpa.* In tiefeingeschnittenen Borkenrissen hatten sich um die Einbohrlöcher kleine Harztrichter gebildet, die stark mit Bohrmehl vermischt und infolgedessen von krümeliger Struktur und rotbrauner Farbe waren. Nach dem Ablösen der Rinde wurde das netzartige Ganggewirr erkennbar, in welchem der einzelne Gang und damit auch die Ausformung der Muttergänge nicht mehr zu verfolgen waren. Ob das Netzwerk lediglich durch das Sichschlängeln und Sichdurchkreuzen der Gänge entsteht, oder ob diese sich zudem verzweigen, war nicht zu erkennen. Die von Käfern gefressenen Gänge waren 2–3 mm breit, also wesentlich schmäler als bei *D. adjunctus,* und fest mit Bohrmehl verstopft. Platzförmige Erweiterungen, ebenfalls dicht mit Bohrmehl gefüllt, sind vielleicht auf Regenerationsfraß der Altkäfer zurückzuführen. Gegenüber den auffallenden Käferfraßgängen treten die *Larvengänge* im Fraßbild zurück. Nach HOPKINS verlaufen sie verborgen in der Rinde. PERRY beobachtete Eiablagen in Einischen zu beiden Seiten des Mutterganges, im Durchschnitt 6 auf 2,5 cm Ganglänge; die jungen Larven bohrten ihre Gänge im rechten Winkel zum Muttergang und drangen mit zunehmendem Alter immer mehr in die äußere trockene Borke ein. Verfasser fand eine recht unterschiedliche Ausformung der Larvengänge; sie können zunächst, für eine kurze Strecke von wenigen Millimetern und sehr eng bleibend, zwischen Rinde und Splint verlaufen, sich dann platzförmig erweitern und von diesem, mit Bohrmehl fest verstopften Platz senkrecht nach außen in die trockene Borke eindringen (Abb. 13). Oder die Larve frißt zunächst verborgen in der Rinde, geht dann für kurze Zeit

*Abb. 13.* Aufgeschnittenes Borkenstück von *Pinus oocarpa.* Rechts die dem Holzkörper zugewandte Fläche. Hier Stück eines Muttergangs von *Dendroctonus mexicanus,* von ihm ausgehend ein kurzer Larvengang mit platzartiger Erweiterung; von dieser radial nach außen (nach links) quer durch die Borke verlaufend das Ende des Larvenganges bzw. der Ausbohrgang des Jungkäfers. Vergr. 3 : 2

mehr nach innen, bis sie das Holz berührt, um schließlich wieder in die Rinde einzudringen und bis zur äußeren Borke vorzustoßen. Oder aber die Larvengänge bleiben in ihrer ganzen Ausdehnung verborgen in Rinde und Borke. Durch den Umstand, daß die Larvengänge in verschiedenen Schichten der Rinde verlaufen, trifft man, wenn man Rinde und Borke schichtweise aufschneidet, immer wieder auf Stücke von ihnen. PERRY spricht von *Puppenwiegen*, die am Ende der Larvengänge in der trockenen Borke angelegt werden. Verfasser fand an aufgeschnittenen Rindenstücken keine eigentlichen Wiegen, wie man sie sonst bei Scolytiden antrifft, sondern die Puppen oder den Jungkäfer einfach am Ende des seine normale Breite beibehaltenden Larvenganges. Von hier bohren sich die Jungkäfer, wenn ihre Entwicklung vollendet ist, auf kürzestem Wege nach außen (Abb. 13).

Nach den Beobachtungen von PERRY in Mexico dauerte die Entwicklung vom Ei bis zum Jungkäfer 76–80 Tage; daraus konnte gefolgert werden, daß in jedem Jahr 4 Generationen aufeinander zu folgen vermögen. Natürlich können diese Angaben nicht verallgemeinert werden, da die Entwicklungsdauer und die Generationenzahl ganz von den örtlichen Klima- und Wetterverhältnissen abhängen. Eigene Beobachtungen über die Lebensweise des *D. mexicanus* liegen nicht vor.

Die Art ist von verschiedenen Orten Mexikos bekannt und zeigt hier auch Massenvermehrungen (PERRY, SCHEDL). Ihr *Vorkommen* in Guatemala wird von BECKER angenommen. Verfasser fand sie trotz seiner eingehenden Beschäftigung mit den an Kiefern brütenden Scolytiden nicht in Guatemala, dagegen während eines kurzen Aufenthaltes in Honduras, bei der Finca Sta. Elena, 13 km nordwestlich der Hauptstadt Tegucigalpa, in 1500 m Höhe, sowie bei Zamorano, 25 km ostwärts von Tegucigalpa, in 1600 m Höhe. An beiden Orten war je ein Stamm der *Pinus oocarpa* Schiede befallen. Von sonstigen, in Mittelamerika vorkommenden Kiefernarten werden als Wirtsbäume *Pinus ayacahuite* Ehr., *P. montezumae* Lamb. und *P. rudis* Endl. genannt (SCHEDL, BECKER).

### *Dendroctonus parallelocollis* Chapuis

Die Art, von HOPKINS (1909) als „Larger Mexican Pine Beetle" bezeichnet, ist nach SCHEDL (1955) synonym mit *D. approximatus* Dietz. Sie ist aus dem südwestlichen Teil der USA und aus Mexiko bekannt. Für Mittelamerika liegen Fundortangaben aus Guatemala (BECKER 1954) und Honduras (SCHEDL 1955) vor.

Die *Käfer* sind größer als die der beiden vorher genannten Arten. Als Länge geben HOPKINS 5–6 mm, CHAMBERLIN (für *D. approximatus*) 5–7 mm und BECKER nach Messungen an den von ihm gesammelten Tieren 5,5–8,5 mm an.

Für das *Fraßbild* sind die gewundenen, sich häufig verzweigenden Muttergänge kennzeichnend. Schon HOPKINS hat einen derart verzweigten Gang abgebildet. Nach BECKER verlassen die Käfer immer wieder die jeweils begonnene Richtung, um ein Stück zurückzugehen und von hier aus den Fraßgang in anderer Richtung fortzusetzen. Außerdem scheinen die Muttergänge häufiger von oben nach unten als bei den anderen Arten zu verlaufen. Sie sind, entsprechend der Körpergröße der Tiere, ziemlich breit. Die Larvengänge verlaufen verdeckt in der Rinde, die Puppenwiegen werden in der äußeren, trockenen Borke angelegt (HOPKINS, CHAMBERLIN).

Die Art dürfte, ähnlich wie *D. mexicanus* und im Gegensatz zu *D. ad-*

*junctus*, in Mittelamerika nicht häufig sein. SCHEDL (1955) gibt nach ANDRES (1931) als Fundort San Pedro Sula in Honduras an. BECKER (1954) fand sie nahe der mexikanischen Grenze zwischen Ostuncalco und San Antonio auf 2700 m Höhe in starken Stämmen von *Pinus rudis* Endl. Verfasser ist ihr nicht begegnet.

Als Holzarten, die als Wirtsbäume in Frage kommen und auch in Mittelamerika heimisch sind, werden aus Mexiko noch *Pinus ayacahuite* Ehr. und *P. montezumae* Lamb. genannt.

## *Dendroctonus valens* Leconte

Bereits 1895 wurde die Art von BLANDFORD für Guatemala mit einem Fundort bei Cobán in der Alta Verapaz nachgewiesen. In seiner Monographie der *Dendroctonus*-Arten läßt HOPKINS (1909) das Verbreitungsgebiet des „Red Turpentine Beetle" im Text von Kanada bis Mexiko reichen, in einer beigefügten Verbreitungskarte wird auch Guatemala in das Gebiet des Vorkommens eingezogen. ALVARADO (1939) schilderte eine von ihm nicht näher bezeichnete *Dendroctonus*-Art, die offenbar *D. valens* ist und als häufig in den Wäldern von Quezaltenango und Totonicapán angegeben wird. BECKER und Verfasser fanden die Art an den verschiedensten Stellen im Lande. Nach mir zugegangenen Schilderungen scheint sie auch in Honduras vorzukommen.

Die weite Verbreitung der Art von Alaska bis Mittelamerika hat schon frühzeitig die Frage laut werden lassen, ob es sich in diesem großen, klimatisch so unterschiedlichen Gebiet tatsächlich um eine einheitliche Art handele, oder ob sie in mehr oder weniger stark differenzierte Klimarassen aufzuspalten sei (HOPKINS 1909). SCHEDL (1955) fand keinerlei Unterschiede bei Exemplaren, die aus Guatemala, Mexico, Kalifornien, Colorado, dem Osten der USA und Kanada stammen, und sieht die Art als einheitlich an.

*Dendroctonus valens* ist von den anderen in Mittelamerika vorkommenden Arten der Gattung schon durch seine Größe zu unterscheiden: der *Käfer* ist 6 bis 10, meist 8 bis 9 mm lang und 3 bis 4 mm breit (Abb. 14). Andere morphologische Kennzeichen der Art sind: hellere bis dunklere, aber immer stark ins Rotbraune hineinspielende Farbe; breiter Kopf ohne Einbuchtungen auf der Stirn; breites, grobpunktiertes Halsschild, das sich zum Kopf hin verengt; Elytren mit groben, quer- oder schräggestellten Skulpturen zwischen mehr oder weniger deutlichen Punktreihen; der ganze Körper zerstreut bedeckt mit langen Haaren.

*Abb. 14. Dendroctonus valens.* Vergr. 6 : 1

Die bis 12 mm großen *Larven* (Abbildung 15) besitzen breite Dorsalplatten auf den letzten Abdominalsegmenten, die sechs starke Dornen tragen.

Das *Fraßbild* ist, im Gegensatz zu dem der anderen im Gebiet vorkommenden *Dendroctonus*-Arten, nicht durch charakteristisch gestaltete, röhrenförmige Gänge gekennzeichnet. Der in der Bastschicht der Rinde angelegte, das Holz schwach schürfende *Muttergang* ist entweder unregelmäßig, aber länglich geformt, in Holzfaserrichtung verlaufend, auch verzweigt, und erinnert damit an einen Gang (Abb. 16),

*Abb. 15.* Larven und Puppen von *Dendroctonus valens* in ihren Puppenwiegen. Vergr. 2 : 1

dessen Breite jedoch nicht der Breite des Käfers entspricht, sondern wesentlich größer ist und 10–20 mm beträgt; oder er verbreitert sich bald und bildet eine platzförmige Aushöhlung, die beträchtliche Ausmaße annehmen kann (Abb. 17). PATTERSON (nach DOANE et al. 1936, p. 83) fand einen Muttergang von 15 Fuß Länge. Die *Larvengänge* stellen nichts anderes als eine Erweiterung des Mutterganges dar; die Larven fressen dicht nebeneinander, ohne trennende Scheidewände, in der Bastschicht der Rinde und vergrößern die vorhandene, platzartige Aushöhlung beträchtlich (Abb. 18). Erst gegen Ende ihrer Entwicklung legen sie zuweilen voneinander getrennte, meist kurze Gänge an; diese scheinen gelegentlich auch erhebliche Längen erreichen zu können. Mutter- und Larvengänge sind mit harzigem Fraßmehl angefüllt. In diesem oder am Ende der Larvengänge werden die *Puppenwiegen* in Gestalt von ovalen Höhlungen angelegt (Abb. 15).

Der *Anflug* des Käfers erfolgt in der Regel an die Stubben frischgefällter Bäume oder an den unteren Stammteil stehender, älterer Kiefern, meist bis etwa 0,5 m Höhe; doch fand ich Befall bis 6 m Stammhöhe. Auch geschwächte, durch Blitz und Feuer geschädigte und frischgefällte Stämme werden angenommen. An geringelten Stämmen befällt der Käfer den Stammteil unterhalb der Ringelstelle (ST. GEORGE-BEAL, 1929). Häufig ist er am Stammfuß von Kiefern zu finden, die von anderen Borkenkäfer-, besonders *Dendroctonus*-Arten befallen sind. Der Käfer stellt sich fast regelmäßig ein, wo Stämme frisch gehauen oder verletzt sind, und wird vermutlich durch Duftreize, die von solchen Stämmen und Stöcken ausgehen, angelockt.

*Abb. 16.* Anfangsteil eines Mutterganges von *Dendroctonus valens* in einem Stubben von *Pinus rudis*. Bei Quezaltenango, 2500 m. 11. 3. 52. Etwa 2 : 3

HOPKINS (1909) berichtet von Massenflügen des Käfers, bei denen er in Möbelfabriken, in frisch gestrichene Häuser, „wherever there was an odor of turpentine" (p. 159) eindrang. Von 26 geringelten Bäumen fand BLACKMAN (1931) 20 von *D. valens* befallen. An verschiedenen Stämmen auf einer vom Verf. eingerichteten Versuchsfläche stellte sich der Käfer am Stammfuß ein, offenbar angelockt durch die gefällten Kiefern und ihre Stubben, welch letztere er auch besiedelte. Bei Quezaltenango fand ich rings um einen Fangbaum, der von *Ips* spec. befallen war, die benachbarten stehenden Kiefern in einer Entfernung von 2 bis 10 m sämtlich von *D. valens* beflogen.

Von drei am 10. September 1951 bei Momostenango gesammelten Käfern gab einer, auf dem Rücken liegend, kurze, rhythmische Töne

von sich; die beiden anderen machten es nicht, und auch sonst habe ich niemals bei den zahlreichen, in Händen gehabten Käfern eine Tonerzeugung wahrgenommen. Die Töne waren durch kurze Intervalle voneinander geschieden; in 30 Sekunden wurden 50 Töne gezählt. Sie klangen, als ob zwei harte Flächen oder Kanten gegeneinander gerieben werden. Der Rhythmus der Töne stimmte überein mit ventralen Einwärtsbewegungen des Abdomens; anscheinend wurden die Töne erzeugt durch Reiben des letzten Abdominaltergits an der Kante der geschlossenen Elytren.

Becker beobachtete 1951 Käferflug größeren Ausmaßes bei Quezaltenango in 2500 m Höhe in der Zeit vom 12. April an, nachdem die ersten, noch seltenen und kurzen Gewitterregen der nahenden Regenzeit gefallen waren. Die Tiere flogen von den späten Vormittagsstunden an, nachdem die Tageswärme erreicht war, meist in geringer Höhe bis zu 2 m über dem Erdboden.

Der Käfer dringt durch ein seinem Körperumfang entsprechendes, großes *Einbohrloch* schräg aufwärts in die Rinde ein. Sobald er das lebende Bastgewebe erreicht und Harzgänge anschneidet, setzt ein meist sehr starker *Harzfluß* ein, der den Befall schon auf einige Entfernung hin anzeigt (Abb. 19). Er bleibt in der Regel ungeformt, es werden keine Harztrichter gebildet, wie bei den früher besprochenen *Dendroctonus-Arten;* wo sich Harztrichter formen, vor allem bei dichter Besiedelung und in höheren Stammpartien, sind sie größer als bei den anderen Arten. Starke Einlagerung von rotbraunem Bohrmehl zeigt an, daß die Anlage des Mutterganges rasch fortschreitet und der Widerstand des Baumes gebrochen ist. Das ausgetretene Harz erstarrt nach einiger Zeit und nimmt, namentlich am Stammfuß, wo es in größerer Menge vorhanden ist, eine krümelige Struktur an. Man findet es dann als harte, weißliche Krümel auch auf dem Boden liegend.

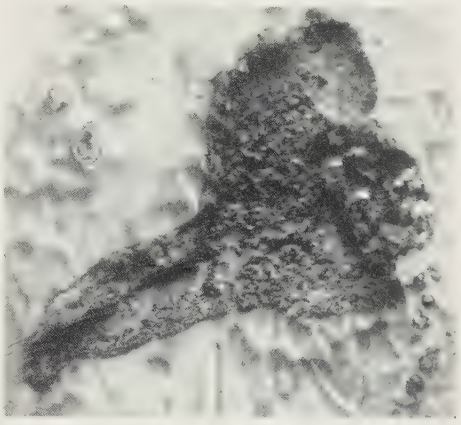

*Abb. 17.* Platzförmiger Muttergang von *Dendroctonus valens* an *Pinus pseudostrobus*, angefüllt mit harzigem Bohrmehl; rechts Eier, links unten Beginn des Ganges. Etwa 2 : 3. Bei Quezaltenango, 2500 m. 17. 10. 51

Mit dem Harzfluß kämpfend, beginnt der Käfer den *Muttergang* anzulegen; entsprechend der Stärke des Widerstandes sind die Fortschritte, die der Käfer macht, zunächst gering. Häufig wird auch der Käfer vertrieben, und man findet in solchen Fällen später den begonnenen Gang mit erstarrtem Harz gefüllt. Doch ist die Fähigkeit des Käfers, dem Harzfluß zu widerstehen, erstaunlich. In stärker harzendem Gewebe wird der Muttergang mehr oder weniger schräg aufwärts genagt, damit das Harz abfließen kann; wird der Harzfluß schwächer, oder harzt das Gewebe von vornherein nur wenig, so kann der Gang auch nach unten gerichtet sein. Er kann dann, wenn sich das Einbohrloch nahe dem Erdboden befindet, weit in die Wurzeln unterhalb der Bodenoberfläche hineingehen.

Wenn der Muttergang eine gewisse Größe erreicht hat, werden an einer Seite oder an den Seiten zwischen verharztem Bohrmehl die *Eier* abgelegt, nach Hopkins (1909) 10 bis 40 oder auch mehr (Abb. 17). Die Embryonal-

entwicklung dauert wesentlich länger als bei den kleineren *Dendroctonus*-Arten, entsprechend der Temperatur etwa 3 bis 5 Wochen.

Am 17. Oktober 1951 wurden Eier aus einem Muttergang, in dem sich ein Weibchen bei der Eiablage befand, abgesammelt und in eine Petrischale getan. Es schlüpften am

| 10. | 11. | 12. | 13. | 14. November |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 9 | 7 | 1 Larven |

Bei einer durchschnittlichen Temperatur von 18 bis 19° C hatte die letztgeschlüpfte Larve mindestens, wenn man annimmt, daß das Ei am Tage der Entnahme gelegt war, 27 Tage für die Embryonalentwicklung benötigt. Hopkins (1909) schätzte die Entwicklungsdauer der Eier auf 7 bis 10 Tage.

Die *Larven* fressen gemeinsam, Seite an Seite, und vergrößern den Muttergang nach einer Richtung oder nach mehreren Richtungen, so daß in erheblicher Ausdehnung die Rinde vom Holzkörper getrennt wird (Abb. 18). In den Gang eintretendes Harz stört sie offenbar wenig. Die *Verpuppung* erfolgt entweder in Wiegen, die in dem die Gänge anfüllenden Bohrmehl angelegt sind, oder im Rindengewebe am Ende der Larvengänge, die sich trennen können, so daß am Schluß ihrer Entwicklung jede Larve einen besonderen Gang besitzt. Die Puppenruhe dauert nach Becker im April und Mai 9–14 Tage. Die *Jungkäfer* finden sich meist in den großen, durch Altkäfer und Larven geschaffenen Platzgängen zusammen und verlassen die Brutstätte durch wenige Ausfluglöcher; die Zahl der Ausbohrlöcher entspricht also nicht der Zahl der neuentwickelten Käfer.

*Abb. 18.* Sehr starker Larvenfraß von *Dendroctonus valens* am Stamm einer *Pinus rudis*. Bei Quezaltenango, 2500 m. 6. 9. 51

Die Dauer des *Entwicklungszyklus* ist nicht bekannt. Er ist offenbar nicht an bestimmte Jahreszeiten gebunden, da in allen nicht zu kalten Monaten des Jahres 1951, von April bis November, anfliegende Käfer oder solche bei der Eiablage beobachtet wurden. Entsprechend wurden auch Larven zu allen Jahreszeiten gefunden. Hopkins hielt es für wahrscheinlich, daß der Altkäfer nach Beendigung des ersten Brutgeschäftes an anderer Stelle weitere Eiablagen vollzieht und zweimal oder gar dreimal überwintern kann.

Das *Vorkommen* der Art ist erstaunlich weit: es wurde bereits oben dar-

auf hingewiesen, daß man sie von Alaska bis nach Mittelamerika findet. In Mittelamerika und speziell in Guatemala wurde sie an einer großen Zahl von Orten angetroffen (SCHEDL 1955), die meist zwischen 2000 und 3000 m Höhe lagen und in Einzelfällen bis 1500 m hinunterreichten. Ähnlich wie andere Arten mit sehr großem, von Norden nach Süden sich erstreckendem Verbreitungsgebiet tritt offenbar auch *Dendroctonus valens* im tropischen Bereich seines Vorkommens nur in den Hochlagen auf. Die Wirtsbäume, die befallen waren, gehörten zu den Arten *Pinus ayacahuite* Ehr., *P. tenuifolia* Benth., *P. pseudostrobus* Lindl., *P. rudis* Endl. und *P. oocarpa* Schiede.

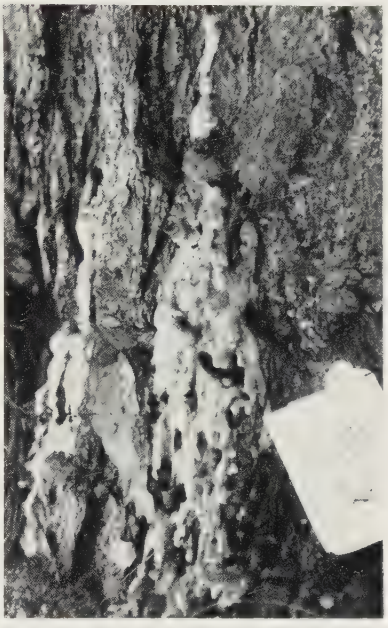

*Abb. 19.* Harzausfluß, erzeugt durch *Dendroctonus valens*, am Stammfuß einer *Pinus pseudostrobus*. Bei Quezaltenango, 2500 m. 27. 10. 51

Die *wirtschaftliche Bedeutung* von *D. valens* wird im allgemeinen nicht als groß angesehen, weil er nach den in Nordamerika gemachten Erfahrungen vorwiegend sekundär ist und auch, wenn er primär einen Baum befällt, ihn selten zu töten vermag. Wesentlicher Schaden entsteht nach HOPKINS, wenn Bodenfeuer auf alte Fraßstellen am Stammfuß treffen und am Harzfluß außen und an dem mit Harz getränkten Bohrmehl innen gute Nahrung finden; es entstehen die sogenannten „fire scars" oder Feuerplatten, in welche später holzzerstörende Insekten und Pilze eindringen und den Baum weiter schwächen, so daß er ein Opfer anderer Borkenkäfer oder des Sturmes werden kann. BLACKMAN (1931) stellte fest, daß in Nordamerika die Aggressivität des Käfers und seine wirtschaftliche Bedeutung nach dem Süden hin zunehmen, daß er dort, wo keine kalten Winter auftreten, den Stamm nicht nur am Wurzelanlauf, sondern auch höher befällt, mehr als eine Generation im Jahr vollenden und primärer Feind der Kiefer werden kann. Ganz in Übereinstimmung mit diesen Beobachtungen habe ich den Eindruck gewonnen, daß *D. valens* in Guatemala, an der Südgrenze seines Verbreitungsgebietes, eine beträchtliche forstliche Bedeutung besitzt, die zwar nicht an die von *D. adjunctus* heranreicht, aber immerhin zu beachten ist. Er befällt zwar in erster Linie die Stubben und geschwächten Stämme, kann aber auch gesunde Kiefern absolut primär angreifen, allerdings – und das mindert seine Bedeutung gegenüber den kleineren Arten – im allgemeinen nur Einzelstämme, nicht eine größere Zahl; so weitet sich in der Regel ein Befall nicht aus. Häufig auch wird der Angriff vom Baum abgeschlagen. Der mit Erfolg angegriffene Stamm kann aber von *D. valens* allein ohne sichtbare Mithilfe anderer Faktoren abgetötet werden.

Nur zwei Beispiele aus zahlreichen Beobachtungen: Am 21. September 1951 fand ich bei Olintepeque eine sterbende *Pinus rudis* mit verfärbten Nadeln, deren unterer Stammteil ringsum, stellenweise bis 2 m Höhe, mit Altlarven und Puppen von *D. valens* besetzt war; daneben stand eine noch gesund aussehende Kiefer, die am Stammfuß ebenfalls *valens*-Be-

fall aufwies. Bei Balneario Almalonga sah ich am 12. September 1951 eine *Pinus pseudostrobus*, die abgestorben war und auffallend starken Harzfluß bis zu 6 m Höhe zeigte; es fanden sich rings um den Stamm verlassene Fraßplätze von *D. valens*. In beiden Fällen waren keine anderen Beschädigungen oder Infektionen an den Bäumen zu erkennen.

Befall von *D. valens*, der nicht so stark ist, daß er allein den Baum zu töten vermag, kann weitere *Dendroctonus*- und auch *Ips*-Arten nach sich ziehen, welche dann den Stamm zum Absterben bringen. Selbst ein nach kurzer Zeit abgeschlagener *valens*-Angriff mag vielleicht durch den reichlichen Harzausfluß gefährlichere *Dendroctonus*-Arten anlocken und damit einen örtlichen Befall auslösen.

Häufig wurden *D. valens* und *D. adjunctus* gemeinsam im selben Stamm angetroffen; es ist durchaus denkbar, daß die zweite Art dem Angriff der ersten folgte. Bei Guatemala-Ciudad wurde im August 1951 Infektion von *Ips cribricollis* Eichh. an Kiefern beobachtet, an deren Stammfuß *D. valens* fraß.

Es lohnt sich deshalb schon, bei drohendem oder vorhandenem stärkeren Auftreten *Gegenmaßnahmen* ins Auge zu fassen. Eine örtliche Vermehrung erfolgt vor allem dort, wo Hauungen ausgeführt werden, einmal durch die anlockende Wirkung der gefällten Stämme und der Stubben, und zweitens durch die Brutmöglichkeiten, welche diese Stämme und vor allem die Stubben dem Käfer bieten. Solange die Fällungen andauern, wird sich der Befall auf die liegenden Stämme und die Stöcke beschränken; hören die Hauungen auf, bleibt dem örtlich vermehrten Käfer nichts anderes übrig, als die benachbarten gesunden Bäume anzugreifen. Der *Vorbeugung* dienen in solchem Falle: das Entrinden der gefällten Stämme, entweder sogleich, um jeden Befall auszuschließen, oder später, nach erfolgtem Angriff, um die Brut abzutöten; das Abschneiden der Stämme möglichst dicht über dem Boden, damit die Stubben klein bleiben und entsprechend geringere Vermehrungsmöglichkeiten bieten; das Entrinden der Stubben. Auch vom Sturm geworfene, vom Blitz geschädigte oder sonstwie in ihrer Lebenskraft beeinträchtigte Stämme sollten möglichst bald aufgearbeitet und entrindet werden. Ist Befall am stehenden Stamm erfolgt, so kommen folgende Maßnahmen der *Bekämpfung* in Frage: bei Einzelbefall, der sich durch den starken, frischen Harzaustritt zu erkennen gibt, Ausschneiden der Befallsstelle und Freilegen der Eier und Larven, die dadurch abgetötet werden; Zerquetschen der aufgefundenen Käfer; bei starkem Befall, der den Stamm schon weitgehend geschwächt oder getötet hat: Fällen des Stammes, vorsichtiges Entrinden, am besten über Unterlagen (Tüchern), sonst in möglichst großen Stücken, damit Käfer und Brut auf den Rindenstücken bleiben, und Verbrennen dieser. Empfehlenswert wäre auch die Anwendung von Insektiziden, etwa von Hexachlorcyclohexan in Staubform zur Abtötung der Käfer bei und nach dem Entrinden oder als öliges Spezialpräparat zur direkten Behandlung der Befallsstellen (Rühm); doch werden vermutlich bei den derzeitigen forstlichen Verhältnissen in Mittelamerika solche Maßnahmen zu kostspielig und mechanische Verfahren vorzuziehen sein.

## Zusammenfassung

In Mittelamerika treten 4 Arten der Gattung *Dendroctonus* Er. auf, und zwar *D. adjunctus* Blandf., *D. mexicanus* Hopk., *D. parallelocollis* Chap. und *D. valens* Lec. Von diesen ist *D. adjunctus* der weitaus häufigste und

gefährlichste. Für die 4 Arten werden nähere Angaben über Bionomie, Ökologie, Vorkommen und forstliche Bedeutung gemacht; für *D. valens* werden auch Vorbeugungs- und Bekämpfungsmaßnahmen genannt.

## Summary

In Central America south of Mexico, 4 species of the genus *Dendroctonus* Er. can be found: *D. adjunctus* Blandf., *D. mexicanus* Hopk., *D. parallelocollis* Chap. and *D. valens* Lec. The most frequent and the most dangerous of these ones is *D. adjunctus*. The bionomics, ecology, distribution and economic importance of the four species are described. Measures to prevent and control damages by *D. valens* are recommended.

## Literatur

Alvarado, J. A.: Los Insectos dañinos y los Insectos auxiliares de la Agricultura en Guatemala. Guatemala 1939.

Bates, M.: Insectos Nocivos. Estudio de las principales Plagas Guatemaltecas, con algunas Datos de Honduras y El Salvador. Guatemala 1932.

Becker, G.: Ausdehnung und Ablauf der *Dendroctonus*-Kalamität in Guatemala. Zeitschr. f. angew. Entomologie 33, 1952, 186–209.

Becker, G.: Beiträge zur Kenntnis der *Dendroctonus*-Arten in Guatemala. Zeitschr. f. angew. Entomologie 36, 1954, 20–61.

Blackwelder, R. E.: Checklist of the Coleopterous Insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America. Part. 5. Washington 1947.

Blackman, M. W., The Black Hills Beetle (*Dendroctonus ponderosae* Hopk.). Bull. N. Y. State Coll. For. IV, 4. New York 1931.

Blandford, W. F. H.: *Scolytidae*. In: Biologia Centrali-Americana. *Coleoptera*. Vol IV, Part. 6, p. 81–298. 1895.

Chamberlin, W. J.: The Bark and Timber Beetles of North America. Corvallis, Oregon. 1939.

Doane, R. W., van Dyke, E. C., Chamberlin, W. J., Burke, H. E.: Forest Insects. New York–London 1936.

Holdridge, L. R., Lamb, F. B., Mason, B.: Los Bosques de Guatemala. Informe General de Silvicultura, Manejo y Posibilidades Industriales de los Recursos Forestales de Guatemala. Turrialba, Costa Rica, 1950.

Hopkins, A. D.: The Genus *Dendroctonus*. U. S. Dep. Agr., Bur. Ent., Techn. Ser. 17 (1). Washington 1909.

Johnston, J. R.: Enfermedades y Plagas de Insectos que atacan los Pinos en Guatemala. Guatemala 1939.

Perry, J. P.: Especies de Escarabajos de la Corteza del Pino en México Central. Unasylva 5, 1951, 160–167.

Rühm, W.: Die Auswirkungen der Bekämpfung des *Dendroctonus micans* Kug. durch Mobe Te. Merckblätter 6, 1956, 1, 4–11.

Schedl, K. E.: Die Kiefern-Borkenkäfer Guatemalas. Zeitschr. f. angew. Entomologie 38, 1955, 1–48.

Schwerdtfeger, F.: Die Ursachen von Borkenkäfer-Epidemien in Fichtenwäldern. Zeitschr. f. Weltforstwirtschaft 12, 1948, 57–61.

Schwerdtfeger, F.: Los Pinos de Guatemala. Roma 1953.

Schwerdtfeger, F.: Pathogenese der Borkenkäferepidemie 1946–1950 in Nordwestdeutschland. Frankfurt a. M. 1955.

St. George, R. A. and Beal, J. A.: The Southern Pine Beetle: a serious enemy of Pines in the South. U. S. Dep. Agr., Farm. Bull. 1586. Washington 1929.

Wygant, N. D. and Nelson, A. L.: Four billion feet of beetle-killed spruce. In: Trees, Yearbook of Agriculture 1949. Washington 1949, 417–422.

*Aus dem Zoologischen Institut der Universität Münster i. W.*
*Direktor: Professor Dr. Dr. h. c. B. Rensch*

# Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur von medizinisch wichtigen Schmeißfliegen- und Stechmückenarten (*Calliphoridae* und *Culicidae*)

Von Walter G. Schulze

## A. Einleitung

Das Ziel vorliegender Arbeit ist es, experimentell nachzuweisen, welchen Einfluß die Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur der hier untersuchten *Brachycera* und *Nematocera* ausübt. Auf Grund der erhaltenen Ergebnisse wurden für je eine Fliegen- und Mückenart *Thermohygrogramme*, sog. *Klimogramme* (vgl. z. B. Martini 1952) aufgestellt.

Obwohl die Frage nach dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Wahl des *Praeferendum* bei Insekten in der Literatur häufig diskutiert wird, wie bei Herter (1925, 1939), Bodenheimer (1931, 1932) u. a., so ist doch die Anzahl der experimentellen Arbeiten, die sich mit einer Lösung dieses Problems befassen, gering (Martini und Teubner 1933, Thomson 1938, Hundertmark 1938 u. 1941, Jakovlev und Krüger 1954, Schmidt 1955). Daß dieses Problem experimentell so wenig untersucht wurde, findet wohl seine Ursache in der Schwierigkeit der Untersuchungstechnik, einen Temperaturgradienten mit einheitlicher Luftfeuchtigkeit herzustellen. Somit beschränken sich auch die bisherigen Kenntnisee über den Einfluß der Luftfeuchtigkeit im wesentlichen auf *ökologische* Beobachtungen.

Trotz der erwähnten experimentellen Schwierigkeiten konnte die Frage nach dem Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur mit dieser Arbeit wieder aufgegriffen werden, da von Jakovlev und Krüger (1953) ein relativ einfacher Transpirationsmessungsapparat entwickelt wurde, mit dessen Hilfe es möglich ist, die Transpiration von Insekten bei variierter Temperatur und Luftfeuchtigkeit zu messen. Jakovlev und Krüger (1953, 1954), wie auch später Schmidt (1955) zeigten, daß die Transpirationskurven der untersuchten Insekten bei gewissen Temperatur- und Feuchtigkeitsstufen nicht gradlinig verliefen, sondern in ihrer Transpirationsrate herabgesetzt waren. Die Kurven zeigten also nicht das Bild rein physikalischer Wasserdampfabgabe, das proportional dem Sättigungsdefizit verläuft. Es lag demzufolge ein Regulationsvermögen der Insekten vor. Die Tiere konnten aktiv ihre Transpirationsrate durch Stigmenverschluß einschränken, um sich vor Austrocknung zu schützen.

Schmidt (1955) zeigte durch vergleichende Temperaturorgelversuche, daß der Regulationsbereich der Transpiration mit dem je-

weils ermittelten Vorzugsbereich in der Temperaturorgel übereinstimmt und somit als *Praeferendum* angesprochen werden kann.

Die von den genannten Autoren an Insekten ermittelten Transpirationskurven, wie auch meine eigenen, gliedern sich – bis auf wenige Ausnahmen, in denen die Transpiration nach der Regulation wieder proportional dem Sättigungsdefizit verläuft (vgl. JAKOVLEV und KRÜGER 1954) – in drei Abschnitte: a. Einen Transpirationsabschnitt, der bis zum Einsetzen der Regulation proportional dem Sättigungsdefizit verläuft, d. h. das Tier verhält sich ebenso wie ein Wasserdampf abgebender lebloser Körper. b. Einen Regulationsabschnitt, in welchem die Transpiration unterhalb des Sättigungsdefizit mehr oder weniger parallel zur Abzisse verläuft. c. Einen Abschnitt der sogenannten Gegenregulation (SCHMIDT 1955), in dem die Wasserdampfabgabe oberhalb des Sättigungsdefizit liegt[1]. Der Regulationsabschnitt ist für meine Fragestellung von besonderer Bedeutung.

Unter verschiedenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen ermittelte ich die Regulationsbereiche der einzelnen Arten. Ein Vergleich dieser Bereiche innerhalb einer Art zeigte mir dann, je nachdem, ob mit Veränderung der atmosphärischen Bedingungen auch eine Verschiebung des Regulationsbereiches stattfand, den Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf den Regulationsbereich, d. h. den Vorzugsbereich an. Die Zusammenfassung der Regulationsbereiche der einzelnen Arten führte dann zur Aufstellung von Thermohygrogrammen.

Im Laufe der Untersuchungen stellte es sich heraus, daß bei gleichen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen sich die Regulationsbereiche derselben Art teilweise unterschieden, je nachdem, ob diese unter temperaturkonstanten Bedingungen (wobei die Feuchtigkeit variiert wurde), oder aber feuchtigkeitskonstanten Bedingungen (wobei jetzt die Temperatur variiert wurde), ermittelt wurden. Somit ist anzunehmen, daß entsprechend der verschiedenen Kombination von Temperatur und Feuchtigkeit auch in der Regulation des Insekts andere physiologische Abhängigkeiten auftreten. Zur Aufstellung der Thermohygrogramme konnten die unterschiedlichen Ergebnisse einander angeglichen werden (s. Auswertung). Vergleichend und zur Bestätigung der Regulationsbereiche der Transpiration wurden Temperaturorgelversuche durchgeführt.

Bei meinen Untersuchungen verwendete ich *Dipteren,* die für die medizinische Entomologie von besonderer Bedeutung sind, nämlich von den *Brachycera Calliphora erythrocephale* MEIG. und *Lucilia sericata* MEIG., von den *Nematocera Aedes aegypti* L. Vertreter dieser beiden Gruppen wurden ferner deswegen gewählt, weil sich auf Grund der unterschiedlichen Lebensweise der tags aktiven *Schmeißfliegen* gegenüber den vornehmlich

[1] Letztgenannter Autor bezeichnet die drei beschriebenen Transpirationsabschnitte im Vergleich zur Transpirationsgeraden des leblosen Körpers als *iso-, hypo- und hyperdiaphoretisch* (proportional, unterhalb und oberhalb des Sättigungsdefizit) und gibt zur Verdeutlichung eine zeichnerische, schematische Darstellung der drei Abschnitte. Desgleichen erläutern auch JAKOVLEV und KRÜGER (1954) durch Modellversuche und graphische Darstellungen die Unterschiede in der Wasserdampfabgabe eines leblosen Körpers gegenüber der Transpiration des mit Regulationsmechanismen ausgestatteten lebenden Organismus. Zu Einzelheiten einer Darstellung der Transpirationsvorgänge sowie der Erklärung ihrer physikalisch-physiologischen Grundlagen sei deshalb auf die Arbeiten dieser Autoren verwiesen.

nachts aktiven *Stechmücken* auch im Experiment signifikante Unterschiede erwarten ließen. Ein weiterer Gesichtspunkt bei der Artenauswahl war der, daß das Hauptverbreitungsgebiet von *Aedes aegypti* L. auf die Tropen und Subtropen mit ihren relativ einheitlichen Klimaten beschränkt ist, während die beiden kosmopolitischen *Brachycera*-Arten zusätzlich auch in den gemäßigten Zonen vorkommen, die sich ja durch stark schwankende Wetterlagen auszeichnen. Innerhalb der Gruppe der *Brachycera* standen sich dann wiederum in ihren verschiedenen ökologischen Ansprüchen *Calliphora erythrocephala* Meig. als *Waldfliege* (Wardle 1927), sowie sekundär auch als *Hausfliege* (Martini 1952) mit hohen Feuchtigkeitsansprüchen und die vorwiegend offenes Gelände aufsuchende, trockenresistente Fliege *Lucilia sericate* Meig. gegenüber, die nachfolgend kurz als „Freilandfliege" bezeichnet wird[2]. (Wegen tiergeographischer und biologischer Einzelheiten der hier behandelten Arten vgl. Brumpt 1949.)

## B. Untersuchungsmaterial und -methoden

### I. Untersuchungsmaterial

Das Ausgangsmaterial für die *Calliphora*-Zucht bildeten etwa 3–4 Tage alte Larven aus Abfalltonnen des *medizinisch-technischen Untersuchungsamtes Münster*. Die Larven bezog ich von dort im Oktober 1953. Die *Lucilia*-Zucht nahm im Juni 1954 ihren Ausgang von wildgefangenen begatteten Weibchen des Stadtgebietes von *Münster*.

Die *Aedes*-Zucht wurde im Juli 1954 angelegt mit Eiern, welche ich freundlicherweise von Herrn Professor Dr. F. Weyer vom Tropeninstitut in *Hamburg* erhielt.

### II. Transpirationsmessungen

Zur Bestimmung der Transpiration wurde das von Jakovlev und Krüger (1953) beschriebene Versuchssystem verwendet. Das Prinzip dieser Methode beruht darauf, in dem zeitlich bestimmten Volumen eines kontinuierlichen Luftstromes von bekannter Temperatur und Feuchtigkeit, den durch die Transpiration des Versuchstieres hervorgerufenen Zuwachs an Feuchtigkeitsgehalt mit dem Taupunkthygrometer im Vergleich zum Leerversuch zu messen.

Zur Ermittlung der Transpirationsrate wurden die von Jakovlev und Krüger (1953) angegebenen Assmannschen Tabellen benutzt. Die ange-

[2] Herr Professor Dr. A. Erhardt, Brackwede i. W., gab mir die Anregung zu vorliegender Arbeit, und ich bin ihm für die ständige Betreuung und Hilfe, die er mir bei der Durchführung meiner Arbeit zuteil werden ließ, zu besonderem Dank verpflichtet.

Für die Unterstützung durch das *Zoologische Institut in Münster* und die Überlassung eines Arbeitsplatzes möchte ich Herrn Professor Dr. Dr. h. c. B. Rensch verbindlichst danken. Herrn Professor Dr. F. Krüger und Herrn Dr. V. Jakovlev, Hamburg, möchte ich herzlich danken für die Betreuung, besonders in methodischer Hinsicht, und Beratung bei der Abfassung meiner Arbeit. Die Beschaffung der *Culiciden* war mir durch das Entgegenkommen von Herrn Professor Dr. F. Weyer, Hamburg, und Herrn Dr. H. Laven, Tübingen, möglich. Herr Professor Dr. E. Martini, Hamburg, unterstützte mich mit seinem Rat in einigen physiologischen Fragen. Auch diesen Herren möchte ich für ihre Hilfe Dank sagen.

gebene Wasserdampfmenge errechnete sich nach Schmidt (1955) auf folgende Weise:

$$E = \frac{D \times V}{1000 \times G}$$

wobei E die vom Tier pro Minute und pro Gramm des Körpergewichtes abgegebene Wasserdampfmenge bedeutet, D die Differenz der aus den beiden abgelesenen Taupunkten errechneten Wasserdampfmenge in 1000 $cm^3$ Luft, V die in einer Minute durchflossene Luftmenge und G das Gewicht des Tieres.

Auf Grund genügend großer Taupunktdifferenzen konnte die von Jakovlev und Krüger (1953) angegebene Genauigkeit der Taupunktmethode eingehalten werden (relativer Größtfehler im Sinne der Autoren von ± 3 % im Endergebnis bei einer Taupunktdifferenz von 0,5° C). Bei größeren Taupunktunterschieden, wie sie bei den hier beschriebenen Versuchen erreicht wurden, verringert sich der Fehler noch um einen entsprechenden Betrag.

Die Luftgeschwindigkeit errechnet sich aus der Luftmenge pro Minute : Querschnitt des Gefäßes. Das Wägen der Tiere wurde auf der vollautomatischen Waage des Institutes vorgenommen, die eine Genauigkeit bis zu 1/10 Milligramm gewährleistet.

Um bei den Transpirationsmessungen von *Calliphora erythrocephala* Meig. dem Alter nach einheitliches Material zu haben, wurden Imagines ausgewählt, die sechs bis 10 Tage alt waren. In diesem Alter waren die meisten Weibchen bereits zur Eiablage gelangt. Männchen und Weibchen wurden teils getrennt, teils zusammen untersucht. Die Luftgeschwindigkeit betrug 3,0 cm/min ± 0,1 cm/min. Die Ausmaße des Gefäßes, in welchem sich die Tiere während der Untersuchung befanden, waren in der Länge 5,6 cm, im Durchmesser 0,68 cm. Um größere Ablesefehler zu vermeiden, wurde versucht, eine größtmögliche Differenz zwischen den beiden Taupunkten zu erhalten, d. h. zwischen dem, welcher sich aus der Feuchtigkeit des Luftstromes ergab, der an den Tieren vorbeigestrichen war, und dem von der Transpiration der Tiere unbeeinflußten. Die Mindestdifferenz zwischen den Taupunkten bei *Calliphora erythrocephala* Meig. betrug 1,3° C, die durchschnittliche 3,7° C, die Größtdifferenz 6,5° C. Das Untersuchungsgefäß wurde jeweils mit 2 Imagines besetzt, damit eine genügend große Taupunktdifferenz erreicht wurde. Ein Weibchen wog im Durchschnitt 80, ein Männchen 70 mg. Die Dauer einer Untersuchung überschritt nie die Zeit von sechs Stunden.

Nach Einstellung einer neuen Temperatur-Feuchtigkeitsbedingung wurden die Tiere ca. eine halbe Stunde an diese akklimatisiert, bevor die Ablesung begann. Ablesungen wurden nur dann vorgenommen, wenn sich die Tiere in einem einigermaßen ruhigen Zustand befanden, da unruhiges Verhalten ungenaue Werte ergab. Aus drei bis vier Ablesungen pro Hygrometer wurde das arithmetische Mittel gebildet und als Transpirationswert für diese Bedingung angenommen. Das Aquarium, in welches der Transpirationsapparat zur Erreichung einer bestimmten Lufttemperatur eingehängt wurde, konnte durch einen Tauchsieder beheizt und einen Thermoregulator auf der gewünschten Temperatur gehalten werden.

Die Temperaturbedingungen wurden bei diesen Versuchen von 5 zu 5° C, die der Feuchtigkeit im Durchschnitt um 5 % (je nach Bedingung wechselnd von 1–10 % rL) geändert. Die Spanne, in welcher sich die Untersuchungen erstreckten, betrugen für die Temperatur 15–35° C, für die Feuchtigkeit

55–91 % rL. Gemessen wurde bei konstanter Temperatur und variierter Feuchtigkeit.

Da ich anfangs glaubte, daß es bezügl. der Beantwortung der Frage, welchen Einfluß die Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur der hier untersuchten Arten hat, nicht von Belang sei, ob die Transpirationskurven bei konstanter Temperatur und variierter Luftfeuchtigkeit (Temperaturkurven) oder aber umgekehrt, d. h. bei variierter Temperatur und konstanter Luftfeuchtigkeitskurven) ermittelt wurden, führte ich an *Calliphora erythrocephala* Meig. die Messungen in Temperaturkurven durch. Nach Abschluß der an dieser Art durchgeführten Untersuchungen jedoch schien es mir im Hinblick auf die Fragestellung dieser Arbeit zweckmäßiger, den jeweiligen Vorzugsbereich durch Feuchtigkeitskurven festzulegen. Daraus ergibt sich die Tatsache, daß die Transpirationswerte von *Calliphora erythrocephala* Meig. in temperaturkonstanten Kurven, die von *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. in feuchtigkeitskonstanten Kurven ermittelt wurden. An den Transpirationswerten von *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. wurde später dann noch ein sogenannter Werteaustausch vorgenommen, d. h. die von diesen Arten in Feuchtigkeitskurven gemessenen Transpirationswerte wurden in Temperaturkurven ausgetauscht. Auf die technische Durchführung, den Sinn und die Berechtigung des Werteaustausches ist in Kapitel C bei den Untersuchungsergebnissen der betreffenden Art eingegangen.

Die Ablesungen des Taupunktes bei den Transpirationsmessungen von *Calliphora erythrocephala* Meig. mußten bei hoher Feuchtigkeit begonnen werden, da sich herausgestellt hatte, daß bei geringer Luftfeuchtigkeit (z. B. 55 oder 60% rL), die Bedingungen oft schon so stark vom Optimalen abwichen, daß überhaupt kein normaler Kurvenverlauf zustande kam.

Die Durchführung der Transpirationsmessungen von *Lucilia sericata* Meig. gleicht im wesentlichen der von *Calliphora erythrocephala* Meig. Es wurden die gleichen Tiergefäße verwendet. Da die Imagines, im Gegensatz zu *Calliphora erythrocephala* Meig. leichter an Gewicht waren (eine *Lucilia sericata* Meig. wiegt im Durchschnitt 30 mg), wurden oft bis zu vier Tieren eingesetzt, um die nötige Taupunktdifferenz zu erhalten. Diese betrug durchschnittlich 2,5° C, mindestens 1,0° C und höchstens 5,2° C. Die Luftgeschwindigkeit hielt sich auf 3,0 cm/min ± 0,1 cm/min. Gemessen wurde von 15 bis 38° C und von 55–90 % rL, wobei jeweils die Feuchtigkeit konstant gehalten und die Temperatur variiert wurde. Die Feuchtigkeitsbedingungen wurden durchschnittlich um 5 % rL geändert (wechselnd von 3–6 % rL), die der Temperatur im Mittel um 2° C (wechselnd von 1–5° C).

Auf Grund der geringen Größe und des geringen Gewichtes von *Aedes aegypti* L. (eine Imago wiegt zwischen 0,9 und 1,5 mg), mußte das Gefäß, in welchem sich die Tiere während der Transpirationsmessungen befanden, auf das Maß von L = 4,8 cm und R = 0,22 cm verändert werden. 7–10 Imagines für einen Versuch ergaben einen genügend großen Taupunktunterschied, der im Mittel 1,5° C ausmachte gegenüber einer Mindestdifferenz von 1,2° C und einer maximalen Differenz von 3,8° C zwischen den beiden Taupunkten. Männchen und Weibchen wurden zwischen dem 2. und 10. Tag nach dem Schlüpfen untersucht und vor den Versuchen gewogen.

Die Luftgeschwindigkeit betrug 1,0 cm/min. Gemessen wurde, wie auch bei den Versuchen mit *Lucilia sericata* Meig., bei konstanter Feuchtigkeit

und variierter Temperatur zwischen 15 und 38° C sowie 60 und 90 % rL. Die Feuchtigkeitsintensität wurde durchschnittlich um 4 % rL geändert (wechselnd zwischen 3 und 10 % rL), die Temperaturbedingungen im Mittel um 2,0 C (wechselnd von 1,0–5,0° C).

### III. Temperaturorgelversuche

Die Temperaturorgelversuche wurden in der von Krüger (1951) beschriebenen ringförmigen Apparatur durchgeführt. Die Temperaturspanne erstreckte sich bei diesen Versuchen von 15–54° C. Durch Abschirmung des Apparates vor Licht wurde ein einseitiger Lichteinfluß auf die Tiere ausgeschaltet.

Die Temperaturorgelversuche mit *Lucilia sericata* Meig. wurden einmal bei Zimmerfeuchtigkeit (79 % rL bei 18° C), andererseits bei 100 % rL durchgeführt. Im letzten Falle wurde die Luftfeuchtigkeit durch Einlegen eines feuchten Streifen Filtrierpapiers auf den Boden der Orgel erreicht. Der Abstand des Bodens der Orgel von dem abschließenden Glasdeckel betrug 7–8 mm, die Höhe einer *Lucilia sericata* Meig. 5–6 mm. Die Tiere wurden in die nichtbeheizte Temperaturorgel eingesetzt und dann erst das Temperaturgefälle hergestellt. Die Ablesungen begannen, nachdem sich die Tiere eine halbe Stunde an das Gefälle gewöhnt hatten. Um Störungen unter den Fliegen zu vermeiden, wurden im Höchstfalle jeweils 5 Tiere eingesetzt und deren Vorzugstemperatur in Abständen von je 10 Minuten abgelesen.

Bei den Temperaturorgelversuchen von *Aedes aegypti* L. wurde der Abstand zwischen dem Boden und der abschließenden Glasplatte entsprechend der geringen Größe der Tiere verkleinert, und zwar so, daß die Tiere noch gut laufen aber nicht mehr fliegen konnten. Männchen und Weibchen wurden zusammen untersucht. Die Ablesetechnik gleicht der entsprechender vorheriger Versuche.

### IV. Zucht und Haltung der Dipteren

Um einen möglichst einheitlichen physiologischen Zustand der Tiere bei den Untersuchungen zu erhalten, war ich bestrebt, die Zuchten der einzelnen Arten soweit irgend möglich unter konstanten Bedingungen zu halten, da es z. B. nicht gleichgültig ist, welcher Luftfeuchtigkeit die Tiere vor den Versuchen ausgesetzt sind (Uvarov 1930, Bodenheimer 1931, Gunn 1931, Herter 1939).

#### *1. Brachycera*

*a. Calliphora erythrocephala* Meig.

Bei der technischen Durchführung der *Calliphora*-Zucht stützte ich mich besonders auf die Angaben von Cousin (1926) und Steiner (1942). Ich legte zwei von Steiner (1942) beschriebene Zuchtkästen von der Größe 36 × 24 × 20 cm an, deren jeder mittels einer schwarzen Papierwand in zwei Hälften unterteilt war. Da diese aber nicht den Kasten des Bodens erreichte, bestand eine Verbindung zwischen den Teilen. Zur Erwärmung der einen Abteilung diente eine 25-W-Birne. Die Nahrung der Imagines bestand aus

trockenem Würfelzucker, Wasser, Pferdefleisch und Leberstückchen. Die Temperatur im durchleuchteten wärmeren Teil des Zuchtkastens bewegte sich um 25° C und 85 % rL. Diese wurde durch Auflegen feuchter Tücher – besonders im Anfang der Zucht – später allein durch das verdunstende Wasser der Tränke erreicht.

Die Kästen waren jeweils mit 50–70 Imagines besetzt, die sich infolge der starken Wärmeausstrahlung größtenteils an der schwarzen Papierwand der durchleuchteten wärmeren Abteilung aufhielten. Nach Einbringen der Geschlechtstiere in den Zuchtkasten fand unter den angegebenen Bedingungen innerhalb von 4–6 Tagen eine Eiablage der Weibchen statt, deren einzelne Gelege gewöhnlich aus 20–30 Eiern bestanden. Zwei bis drei Gelege wurden jeweils in einen Erlmeyerkolben gebracht, der mit Pferdefleischstücken und Zellstoffwatte beschickt war (Zellstoffwatte zum Aufsaugen der Stoffwechselprodukte). Bei 23–24° C schlüpften die Larven in 12 Stunden; nach 4–5 Tagen waren sie ausgewachsen und wurden in feuchte Zellstoffwatte umgebettet. Bei einer Temperatur von 23° C fand die Verpuppung am nächsten Tage statt. Das Schlüpfen der Imagines erfolgte nach weiteren 8 Tagen, so daß der Gesamtzyklus von Ei zu Ei unter den genannten Bedingungen ungefähr 18 Tage dauerte. Eine Generation hielt ich jeweils 3 Wochen in Zucht. Für meine Untersuchungen benötigte ich 4 Generationen.

b. *Lucilia sericata* Meig.

Bei der Aufzucht dieser Art behielt ich im wesentlichen die geschilderte Zuchttechnik von *Calliphora erythrocephala* Meig. bei. Bezüglich der optimalen Temperatur- und Feuchtigkeitsdaten während der Zucht richtete ich mich nach den Angaben von Cousin (1929), Evans (1934 u. 1935) und Steiner (1942). Angelegt wurde die Zucht im Juni 1954 und mit insgesamt 5 Generationen bis zum September weitergeführt.

Durch Einschrauben einer 40-W-, teilweise einer 60-W-Birne, hielt ich die Temperatur in der wärmeren Hälfte des Zuchtkastens auf 27–29° C. Die relative Luftfeuchtigkeit betrug durchschnittlich 80 %. Die geschlüpften Weibchen legten unter den oben erwähnten Bedingungen gewöhnlich nach 5–6 Tagen ihre Eier ab. Die Anzahl der Eier im Gelege betrug 30–40 (maximal 60, minimal 10 Eier). Die Larvenentwicklung ging bei 27° C in drei Tagen vor sich, das Puppenstadium bis zum Schlüpfen der Imagines nahm 8 bis 10 Tage in Anspruch. Die Gesamtentwicklungsdauer von Ei zu Ei betrug 16–19 Tage und entsprach der von *Calliphora erythrocephala* Meig. Gegenüber dieser Fliege waren taube Gelege nicht selten.

### 2. Nematocera

*Aedes aegypti* L.

Die mir vom Tropeninstitut in *Hamburg* überlassenen Aedes-Eier brachte ich in ein Rundaquarium mit einem Durchmesser von 16,0 cm. Verwendet wurde Wasser aus den Fischteichen des Zoologischen Institutes, welches auf 28° C erwärmt wurde (Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die Zusammensetzung des Fischteichwassers)[3]. Die Larven schlüpften innerhalb 12 Stunden und

[3] Herrn Dr. Bösenberg von der Abteilung für Bodenuntersuchung im Landwirtschaftlichen Untersuchungsamt Münster i. W. (Joseph-König-Institut) möchte ich für die bereitwillige Durchführung der Analysen vielmals danken.

erhielten Brötchenmehl als Nahrung. Nach 6–10 Tagen kamen 80–90 % der Larven zur Verpuppung, aus denen nach 1–2 Tagen die Imagines schlüpften.

Der Zuchtkasten wies Maße von 45 × 35 × 36 cm auf und hatte eine konstante Temperatur von 30° C. Die Umkleidung bildete Moskitogaze, über die zusätzlich feuchte Tücher gehängt waren, die eine Feuchtigkeit von 85–90 % gewährleisteten. Die Nahrung der Imagines bildete Zucker- und Honigwasser. Zwei- bis dreimaliges Hineinhalten meines Armes in den Zuchtkasten innerhalb einer Woche ergaben die Blutmahlzeiten, die für eine Eiablage unerläßlich waren. Im Anschluß an das Saugen fand gewöhnlich nach knapp einer Woche die Eiablage statt, so daß der ganze Zyklus von Ei zu Ei unter den genannten Bedingungen 13–15 Tage dauerte. Einige Weibchen benötigten zur Eiablage eine zwei- bis dreimalige Blutmahlzeit. Für die Eiablage wurden Tonscherben in eine mit Fischteichwasser gefüllte Petrischale eingelegt, auf denen die Weibchen in Höhe der Wasserlinie zur Ablage kamen. Nur wenige Weibchen legten direkt auf die Wasseroberfläche ab. Die Eier selbst wurden ein bis zwei Tage auf den feuchten Tonscherben belassen, damit die nötige Feuchtigkeit für eine Entwicklung der Larven gegeben war; sie konnten dann bis zu ihrer Verwendung in trockenem Zustand aufbewahrt werden.

Die Aktivität der Imagines von *Aedes aegypti* L., z. B. ihre Stechlust, war in den frühen Morgenstunden stärker als in den Abend- und Nachtstunden. Kopulation fand am häufigsten dann statt, wenn die Tiere aufgescheucht wurden. Die Zucht wurde von August bis Dezember 1954 gehalten.

*Tabelle 1*

**Analyse des Fischteichwassers**

| | |
|---|---|
| Aussehen | leicht trübe |
| Geruch | ohne Besonderheit |
| pH | 6,6 |
| Ammonium ($NH_4$) | Spuren |
| Nitrite ($NO_2$) | nicht nachweisbar |
| Abdampfrückstand | 402 mg/L |
| Eisen (Fe) | 0,8 „ |
| Mangan (Mn) | 1,7 „ |
| Calcium (Ca) | 62 „ |
| Magnesium (Mg) | 14 „ |
| Sulfate ($SO_4$) | 58 „ |
| Chloride (Cl) | 92 „ |
| Nitrate ($NO_3$) | Spuren |
| Bicarbonate ($HCO_3$) | 171 mg/L |
| frei Kohlensäure ($CO_2$) | 22 „ |
| aggressive Kohlensäure ($CO_2$) | 12 „ |
| Kaliumpermanganatverbrauch ($KMnO_4$) | 68 „ |
| Gesamt – Härte (d. G.H.) | 12,1° |
| Karbonat – Härte (K.H.) | 7,8° |

Eine Sauerstoffbestimmung wurde nicht durchgeführt.

## C. Untersuchungsergebnisse

### I. Brachycera

#### *1. Calliphora erythrocephala* Meig.

*Transpirationsmessungen*

Abbildung 1 zeigt die Transpiration von *Calliphora erythrocephala* Meig. bei konstanten Temperaturen und variierter Luftfeuchtigkeit. Jede der fünf abgebildeten Temperaturkurven stellt Mittelwerte dar und errechnet sich aus 4–6 Einzelablesungen[4].

Die vorliegenden Kurven zeigen alle eine mit Zunahme der Temperaturen erhöhte Transpirationsrate. Dies entspricht der Van't Hoffschen Regel. Der Transpirationsverlauf innerhalb der einzelnen Kurve nimmt mit sinkender relativer Luftfeuchtigkeit und ansteigendem Sättigungsdefizit (SD) zu. Entspräche nun der Verlauf der einzelnen Temperaturkurven lediglich physikalischen Gegebenheiten, so müßte der Verlauf annähernd gradlinig sein. Die hier auftretenden Unregelmäßigkeiten (Transpirationseinschränkungen) in gewissen Abschnitten der Kurven, aber lassen auf ein aktives Eingreifen des Tieres auf die Transpiration schließen. Es sind die Abschnitte der Transpirationseinschränkung bzw. der Regulations- oder Vorzugsbereiche, die bei einer Betrachtung vorliegender Kurven für meine Fragestellung von Wichtigkeit sind und nachfolgend besonders behandelt werden sollen.

Auf Grund des allgemeinen Kurvenverlaufes scheint wohl die Annahme berechtigt zu sein, daß die Transpirationskurven von 15 und 20° C im Nullpunkt des Koordinatensystems beginnen würden, d. h. daß bei 100 % rL. keine Transpiration auftritt. Gleiches ist wohl für den Verlauf der Kurven von 25 und 30° C anzunehmen, deren Werte oberhalb 90 % rL. deutlich die Tendenz zum Nullpunkt hin erkennen lassen. Ob auch der Beginn der 35° C-Kurve im Nullpunkt angenommen werden darf, ist fraglich, da Werte oberhalb 90 % rL. auf Grund zu geringer Taupunktdifferenz nicht mehr gemessen werden konnten, die u. U. diese Annahme hätten belegen können.

Nimmt man die Verbindung der anderen Werte zum Nullpunkt hin an, so tritt bei den Transpirationskurven von 25 und 30° C deutlich ein Einschränkungsbereich der Transpiration etwa zwischen den Feuchtigkeitsstufen von 80–90 % rL. hervor, während dieser bei dem Kurvenverlauf von 15 und 20° C schwächer, aber ebenso zu erkennen ist. Ein evtl. Einschränkungsbereich der 35° C-Kurve hingegen ist schon schwerer festzulegen, da der anfängliche Verlauf dieser Kurve unbestimmt ist. Deutlich aber ist auch hier ein Absetzen des Kurvenanstiegs gegenüber einer flacheren Zone, einem vermuteten Regulationsbereich, in etwa denselben Feuchtigkeitsstufen. Warum sollte bei der durchgängigen Transpirationseinschränkung in fast übereinstimmenden Feuchtigkeitsbereichen der anderen Temperaturen nicht auch für diese ein ähnlicher Verlauf angenommen werden?

Um die Regulationsbereiche deutlicher hervortreten zu lassen und um die Frage des Transpirationsverlaufes zum SD beantworten zu können, wurden

[4] Infolge allzu großen Umfanges der Originalablesungen konnten diese als Tabellen oder graphische Darstellungen nicht mehr in den Druck aufgenommen werden. Sie können für die Transpirations- und Temperaturorgelablesungen von *Calliphora erythrocephala* Meig., *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. ggf. vom Zoologischen Institut der Westfälischen Landesuniversität, *Münster i. W.*, angefordert werden.

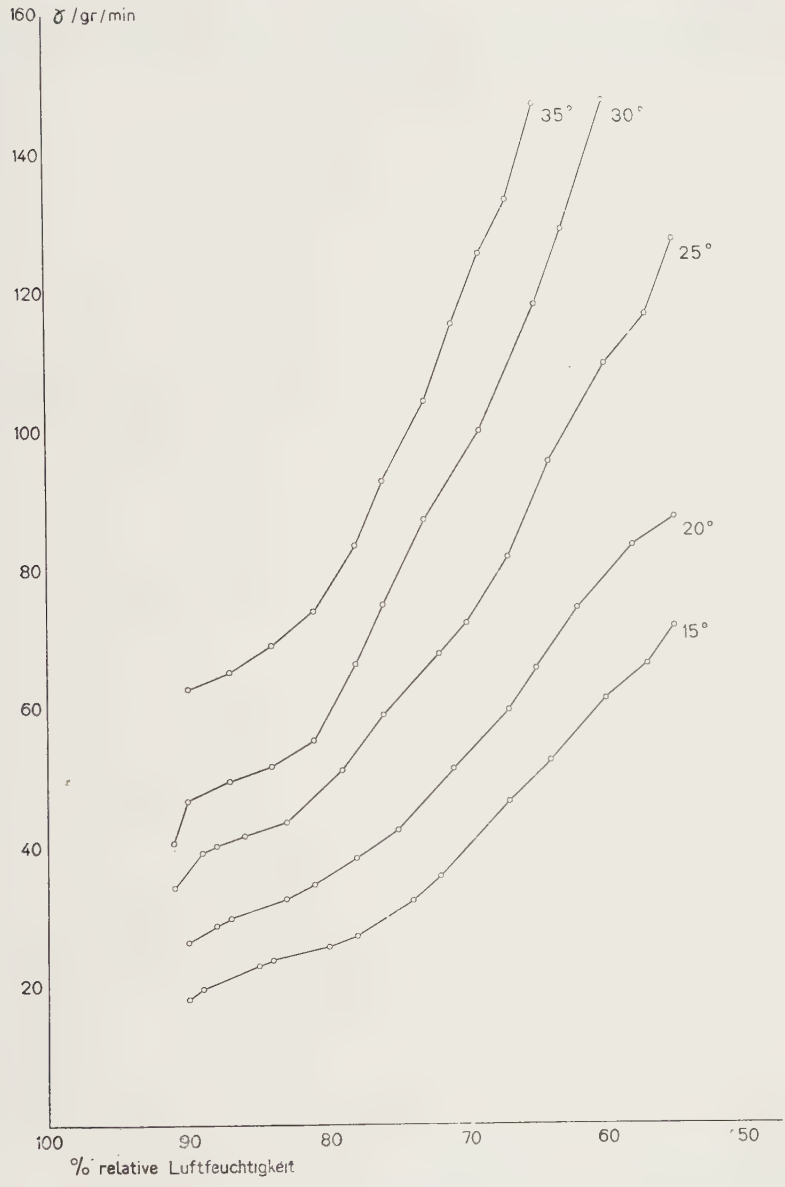


*Abb. 1.* Wasserdampfabgabe von *Calliphora erythrocephala* Meig. bei konstanten Temperaturen und variierter Luftfeuchtigkeit

in Abbildung 2 die relativen Feuchtigkeiten durch ein solches ersetzt, da jene auch im Versuch variiert wurden. Auf Grund dieser Darstellung scheint es angebracht, die Regulationsbereiche in ihrer Begrenzung durch die relative Luftfeuchtigkeit, das SD und die Transpirationshöhe genauer zu beschreiben.

Transpirationskurve 15° C: Die Transpiration erfolgt mutmaßlich linear dem Sättigungsdefizit bis 1,4 mm Hg (89 % rL.). Die Transpirationsrate

(TR), die an diesem Punkt einen Wert von 19,7 γ/gr/min hat, folgt nun nicht mehr dem Sättigungsdefizit bis 2,6 mm Hg (80 % rL, TR 25,7 γ/gr/min). Dieser Bezirk zwischen 1,4 und 2,6 mm Hg stellt also den Regulationsbereich

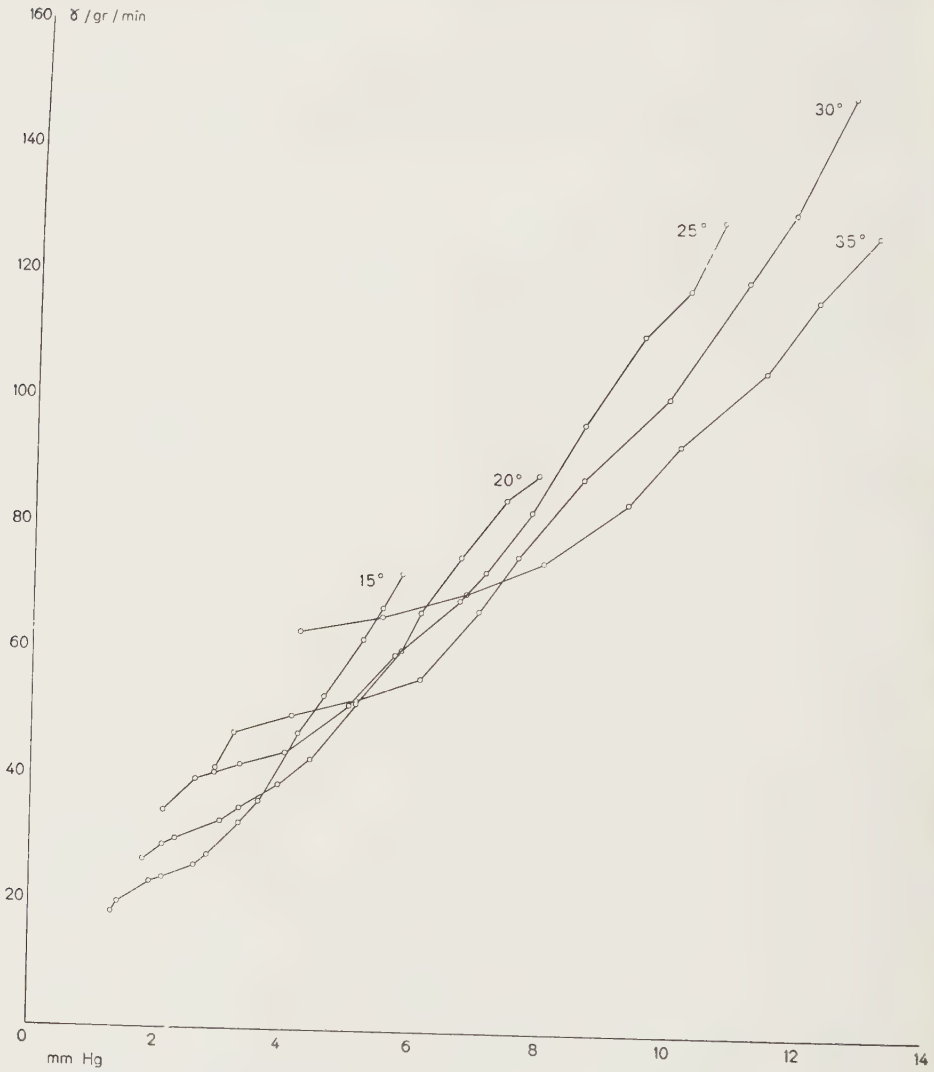


*Abb. 2.* Wasserdampfabgabe von *Calliphora erythrocephala* Meig. bei konstanten Temperaturen und variierter Luftfeuchtigkeit. Die relativen Feuchtigkeiten in Abbildung 1 sind hier durch das Sättigungsdefizit ersetzt

dar. Der Kurvenverlauf steigt dann steil an, aber wiederum nicht proportional dem Sättigungsdefizit, sondern erhöht. Hier scheint dasselbe Phänomen vorzuliegen, welches Schmidt (1955) als „Gegenregulation" bezeichnet und welches mit seiner erhöhten Transpiration kompensatorisch zu der vorherigen Transpirationseinschränkung zu denken ist.

Transpirationskurve 20° C: Lineares Ansteigen der Transpiration bis zu einem SD von ungefähr 2,1 mm Hg (88 % rL, TR 28,9 γ/gr/min). Der Beginn der Gegenregulation ist bei dieser Kurve schwach zu erkennen, scheint aber um 3,3 mm Hg (81 % rL, TR 34,9 γ/gr/min) zu liegen. Der Regulationsbereich ist also nicht scharf abgegrenzt. Danach erfolgt wiederum ein steiler Anstieg, der nicht dem Sättigungsdefizit folgt.

Transpirationskurve 25° C: Einschränkung der Transpiration deutlich bei 2,6 mm Hg (89 % rL, TR 39,4 γ/gr/min). Der Regulationsbereich erstreckt sich bis 4,0 mm Hg (83 % rL, TR 43,7 γ/gr/min), um dann in die Gegenregulation überzugehen.

Transpirationskurve 30° C: Beginn des Regulationsbereiches deutlich bei 3,2 mm Hg (90 % rL, TR 46,9 γ/gr/min), der sich, leicht ansteigend, bis zu einem SD von 6,1 mm Hg (81 % rL, TR 55,7 γ/gr/min) hin erstreckt. Die sich anschließende Gegenregulation verläuft wiederum nicht proportional dem Sättigungsdefizit.

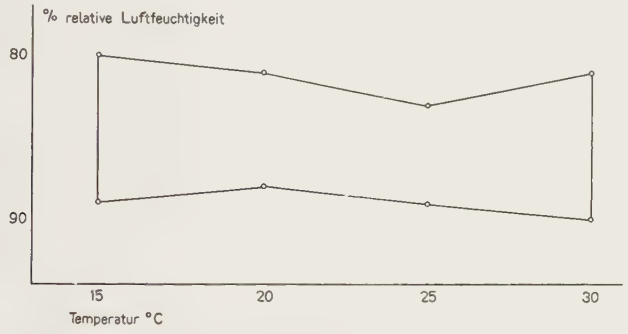


*Abb. 3.* Zusammenfassung der an *Calliphora erythrocephala* Meig. in temperaturkonstanten Kurven ermittelten Regulationsbereiche

Transpirationskurve 35° C: Auf Grund des Kurvenverlaufes ist hier nicht zu ersehen, wo vermutlich eine Einschränkung der Transpiration anfängt, da es nicht sicher ist, daß die 35° C-Kurve im Nullpunkt beginnt. Ein Ansteigen der Transpiration nach ihrer Einschränkung erfolgt bei 8,0 mm Hg (81 % rL, TR 74,3 γ/gr/min). Diese scheint aber dann, entgegen den Anstiegen der vorherigen Temperaturkurven, proportional dem Sättigungsdefizit zu verlaufen.

Zusammenfassend läßt sich auf Grund der Abbildungen 1 und 2 sagen, daß eine Regulation aus den Kurven abzulesen ist. Weder ist die Regulation durch die Höhe der Transpiration zu erklären (die Einschränkungsbereiche sind vertikal gestaffelt, mit einer Differenz von 19,7 bis 74,3 γ/gr/min zwischen 15 und 35° C), noch wird ihr Verlauf durch das SD bestimmt, denn wie aus der Abbildung 2 ersichtlich, liegen die betreffenden Regulationsbereiche der gemessenen Temperaturen in verschiedenen Bereichen des SD. Die Regulation scheint somit nach Abbildung 1, innerhalb der gemessenen Temperaturen, allein von den relativen Luftfeuchtigkeiten ausgelöst zu werden. Nach dieser Darstellung nämlich wird, durchgängig von 15–30° C, jeder der betreffenden Regulationsbereiche von den relativen Luftfeuchtigkeiten 80 und 90 % begrenzt (35° C sei hier wegen des zweifelhaften Beginns der Regulation ausgeschlossen, obwohl der Anstieg

nach der Regulation auch hier, wie bei den anderen Kurven, bei 80 % rL liegt).

Die graphische Darstellung, Abb. 3, gibt zusammenfassend eine Übersicht über die an *Calliphora erythrocephala* Meig. durch Messung in temperaturkonstanten Kurven ermittelten Regulationsbereiche. Diese liegen praktisch zwischen 80 und 90 % rL und zeigen bei den geprüften Temperaturen nur geringe Schwankungen.

### 2. *Lucilia sericata* Meig.

a. *Temperaturorgelversuche*

Abbildung 4 zeigt die graphische Darstellung der an Imagines von *Lucilia sericata* Meig. ermittelten Temperaturorgelwerte bei Zimmerfeuchtigkeit (79 % rL bei 18° C). Um einen vergleichbaren Optimumwert zu den

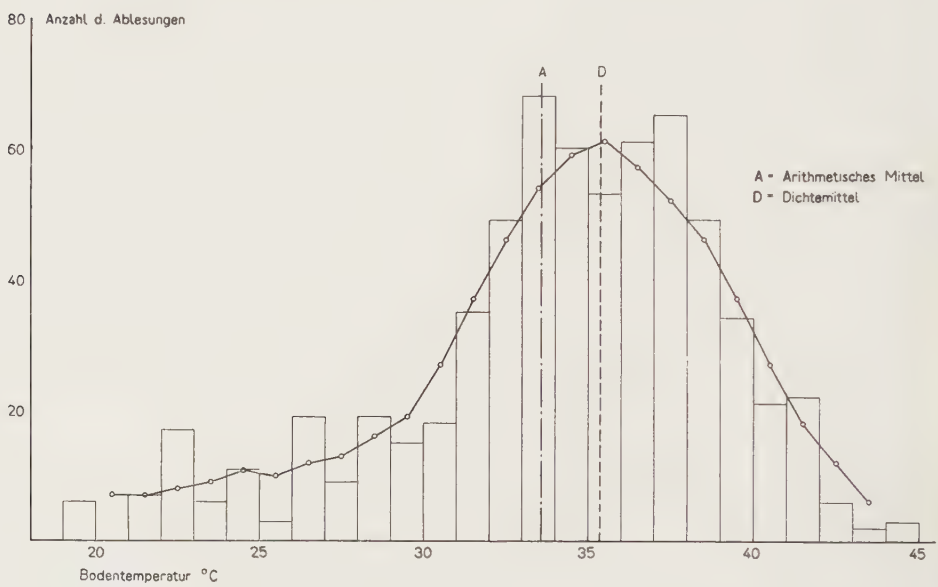


*Abb. 4.* Säulendiagramm und Ausgleichskurve (fünfgliedriger gleitender Durchschnitt) der an Imagines von *Lucilia sericata* Meig. bei Zimmerfeuchtigkeit (79 % rL. bei 18° C) ermittelten Temperaturorgelwerte (Bodentemperaturen). Anzahl der Ablesungen: 661

nachfolgenden Temperatur-Verteilungskurven zu bekommen, wurde aus vorliegenden Besetzungswerten das arithmetische Mittel mit 33,59 ± 0,59° C ($3\,\sigma_A$) nach der Formel $A = \frac{t \times f}{n}$ errechnet, wobei t die Temperaturstufe, f die Frequenz und n die Gesamtzahl bedeuten. Die Errechnung des arithmetischen Mittel war aus Gründen des Vergleichs mit den Vorzugstemperaturen anderer Insekten angebracht. Diese werden nämlich von dem größten Teil der Autoren, insbesondere von Herter (1953) mit dem arithmetischen Mittel angegeben.

Das arithmetische Mittel aber scheint mir zur Charakterisierung des Optimum bei vorliegender Verteilung nicht sinngemäß, denn,

wie aus den Abbildungen 4 und 5 ersichtlich, ist die Verteilung eine rechtssteile Kurve, die von einer Normalverteilung stark abweicht, welches durch die $\chi^2$-Methode überprüft und bestätigt wurde. Für ein P von 0,001, d. h. unter 1000 möglichen Fällen erscheint einmal ein Kurvenbild, welches der Normalverteilung entspricht, wurde für die angegebene Kurve ein $\chi^2$ von 43,82 gefordert. Errechnet aber wurde aus den Besetzungswerten das $\chi^2$ mit 136,37, womit die Bedingung, daß keine Normalverteilung vorliegt, noch weit über das Geforderte hinaus erfüllt ist.

In die Bestimmung des arithmetischen Mittel aber gehen alle abgelesenen Werte, also auch die mit geringer Frequenz ein, die dem Optimumblock gegenübergestellt sind und mit der eigentlichen Vorzugstemperatur der betreffenden species kaum mehr in verständliche Beziehung gebracht werden können. Diese geringen Besetzungswerte aber stellen m. E. überwiegend Zufällig-

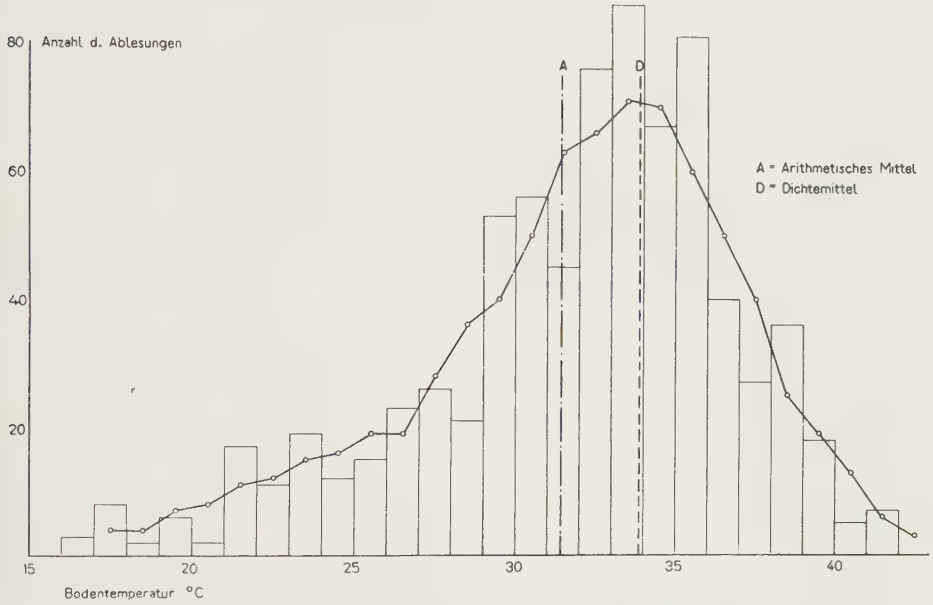


*Abb. 5.* Säulendiagramm und Ausgleichskurve (fünfgliedriger gleitender Durchschnitt) der an Imagines von *Lucilia sericata* Meig. bei 100 % rL. ermittelten Temperaturorgelwerte (Bodentemperaturen). Anzahl der Ablesungen: 766

keiten dar, wobei die Wahrscheinlichkeit, daß ein Tier aus dem Optimum in die kältere oder wärmere Zone gelangt, prinzipiell gleich, die abstoßende Wirkung der kühleren Seite aber geringer ist als die des wärmeren Gebietes (Schreckreaktionen). Somit sollte auch ganz allgemein die Vorzugstemperatur nicht als eine Temperatur aufgefaßt werden, welche die Tiere anzieht, sondern als jene Temperatur, bei der die Stärke der zu Ortsveränderungen anregenden Impulse am geringsten, d. h. annähernd null ist. Die Stärke dieses Impulses nimmt mit wachsender Differenz zum Optimum zu.

Die Optimumstemperatur der Abbildung 4 wird somit am besten durch das Dichtemittel charakterisiert, das mit 33,34° C errechnet wurde. Daß dieser Wert nicht ganz mit dem Maximum der Ausgleichskurve zusammenfällt, ist verständlich, wenn man bedenkt, daß der Ausgleich im Verhältnis zur

Feinberechnung der Dichte ein doch relativ grobes Verfahren für die Angabe eines solch bestimmten Wertes wie den des Dichtemittels bedeutet.

In der idealen Verteilungskurve, d.h. einer Normalverteilung, fallen dann arithmetisches und Dichtemittel zusammen; der einzigen Verteilungsform, in der das arithmetische Mittel das Praeferendum wirklich optimal wiederzugeben vermag. Neben der Angabe des Dichtemittels aber erhält das arithmetische Mittel seinen Wert als Vergleichsbasis mit anderen Verteilungen, da das Dichtemittel für einen Vergleich zweier bzw. mehrerer Kurven unsachgemäß und somit ungeeignet ist.

Um die Wesensform der ursprünglichen Kurve in Abbildung 4 deutlicher hervortreten zu lassen, wurde durch Bildung fünfgliedriger gleitender Durchschnitte ein Reihenausgleich, bezogen auf den mittelständigen Wert, vorgenommen. Abbildung 5 zeigt bei gleicher Art der Darstellung die an *Lucilia sericata* Meig. ermittelten Temperaturorgelwerte bei 100 % rL. Das arithmetische Mittel wurde mit 31,42° C ± 0,55° C (3 $\sigma_A$) errechnet. Auch hier handelt es sich um eine rechtssteile Verteilung, so daß die Ermittlung der Dichte zur Charakterisierung des Optimum wünschenswert erschien; ihr Wert beträgt 33,83° C. Der Beweis, daß keine Normalverteilung vorliegt, zeigt das errechnete $\chi^2$ von 166,7, dem ein gefordertes $\chi^2$ für P = 0,001 von 45,32 gegenübersteht, so daß also auch die Bedingung für eine Schiefe der Verteilung von Abbildung 5 erfüllt ist.

Zur Prüfung, ob sich die Verteilungen von 79 % rL (18° C) und 100 % rL wesentlich unterscheiden, diente der Vergleich der arithmetischen Mittel beider Kurven. Für den Fall, daß die Streuungen der beiden arithmetischen Mittel nicht zusammenfallen, wird gefordert, daß $A_1 - A_2 > 3\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$ ist, wobei $A_1$ das arithmetische Mittel der ersten, $A_2$ das arithmetische Mittel der zweiten Kurve, $\sigma$ die Streuung der Verteilungen und n die Seriengröße bedeuten. Die Differenz der arithmetischen Mittel beider Verteilungen beträgt 2,12° C und ist somit größer als $3\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} = 0{,}79°$ C, d. h. der Unterschied der arithmetischen Mittel ist statistisch gesichert. Daraus ergibt sich, daß bei 100 % rL der Optimumbereich von *Lucilia sericata* Meig. tiefer liegt als bei einer relativen Feuchtigkeit von 79 % (18° C).

Die Richtigkeit dieser abgelesenen Bodentemperatur als maßgebende Orientierung für die Tiere, setzt voraus, daß die Tarsen in der Hauptsache Träger der Thermorezeptoren sind. In der Literatur wird häufig die Frage gestellt, ob die Boden- oder die Lufttemperaturablesung bei der Art vorliegender Versuche sinngemäßer sei (Bodenheimer 1941, Gunn 1934, Nielsen und Nieschulz 1933). Infolge der Unklarheit gegenüber dieser Frage und da keine Angaben über etwaige Häufungen von Thermorezeptoren am Körper von *Lucilia sericata* Meig. aufgefunden werden konnten, wurden die nach Abbildung 4 und 5 ermittelten Besetzungswerte, welche Bodentemperaturablesungen darstellen, auf die korrespondierenden Lufttemperaturen in der Orgel umgerechnet.

Durch Messung der Lufttemperatur in der Orgel wurde versucht, eine feste Beziehung mit ihr und der Bodentemperatur herzustellen. Das Ergebnis zeigt die Abbildung 6, wo aus den einzelnen Ablesungen für die Differenzen der Boden- zur Lufttemperatur nach der Methode der kleinsten Quadrate

eine Regressionsgerade errechnet wurde. Wie die graphische Darstellung zeigt, ist die Korrelation eine eindeutige, womit auf die Errechnung eines Korrelationskoeffizienten verzichtet werden konnte.

Die Temperaturmessungen wurden mittels eines Quecksilberthermometers vorgenommen, welches sich bei der jeweiligen Ablesung mit dem Quecksilberbulbus über dem Bodenthermometer befand, weder den Glasdeckel noch den Boden berührte und somit in seinem Ergebnis also wirklich den Wert der Lufttemperatur zwischen Boden und Deckel der Temperaturorgel repräsentiert.

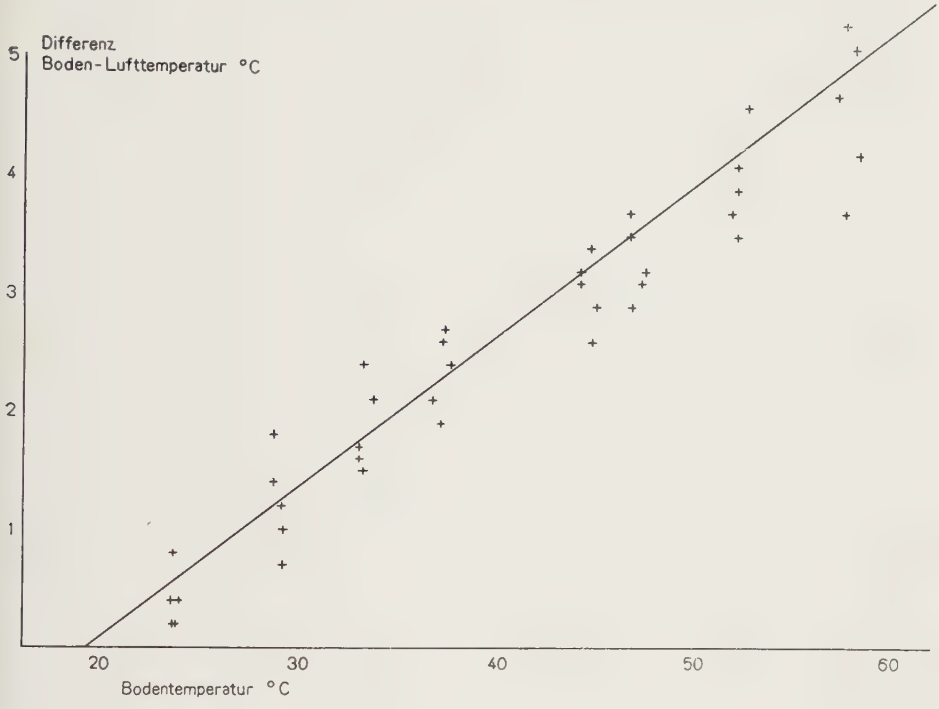


*Abb. 6.* Regressionsgerade, das Verhältnis der Boden- zur Lufttemperatur z. Z. der Temperaturorgelversuche an *Lucilia sericata* Meig. darstellend. Anzahl der Ablesungen: 45

Auf Grund der ermittelten Beziehung der Boden- zur Lufttemperatur in der Orgel wurden die als Bodentemperaturen abgelesenen Besetzungswerte der Abbildungen 4 und 5 auf die korrespondierenden Lufttemperaturwerte der Orgel bezogen. Da durch diesen Bezug das Wesen der Verteilungen nur minimal beeinflußt wurde – die Besetzungswerte bleiben ja dieselben wie in Abbildung 4 und 5 – konnte auf den Beweis durch die $\chi^2$-Methode, daß keine Normalverteilung vorliegt, verzichtet werden.

Das arithmetische Mittel der Besetzungswerte bei 79 % rL (18° C) verschob sich durch den Bezug auf die Lufttemperatur von 33,59° C (Bodentemperatur) auf 31,68° C (Lufttemperatur), das der gesättigten Luft von 31,42° C (Bodentemperatur) auf 29,86° C (Lufttemperatur). Die Dichtewerte änderten sich entsprechend. Bei 79 % rL (18° C) von 35,34° C (Bodentemperatur) auf 33,30° C (Lufttemperatur) und bei 100 % rL von 33,83° C (Bodentemperatur) auf 31,95° C (Lufttemperatur). Der für die Boden-

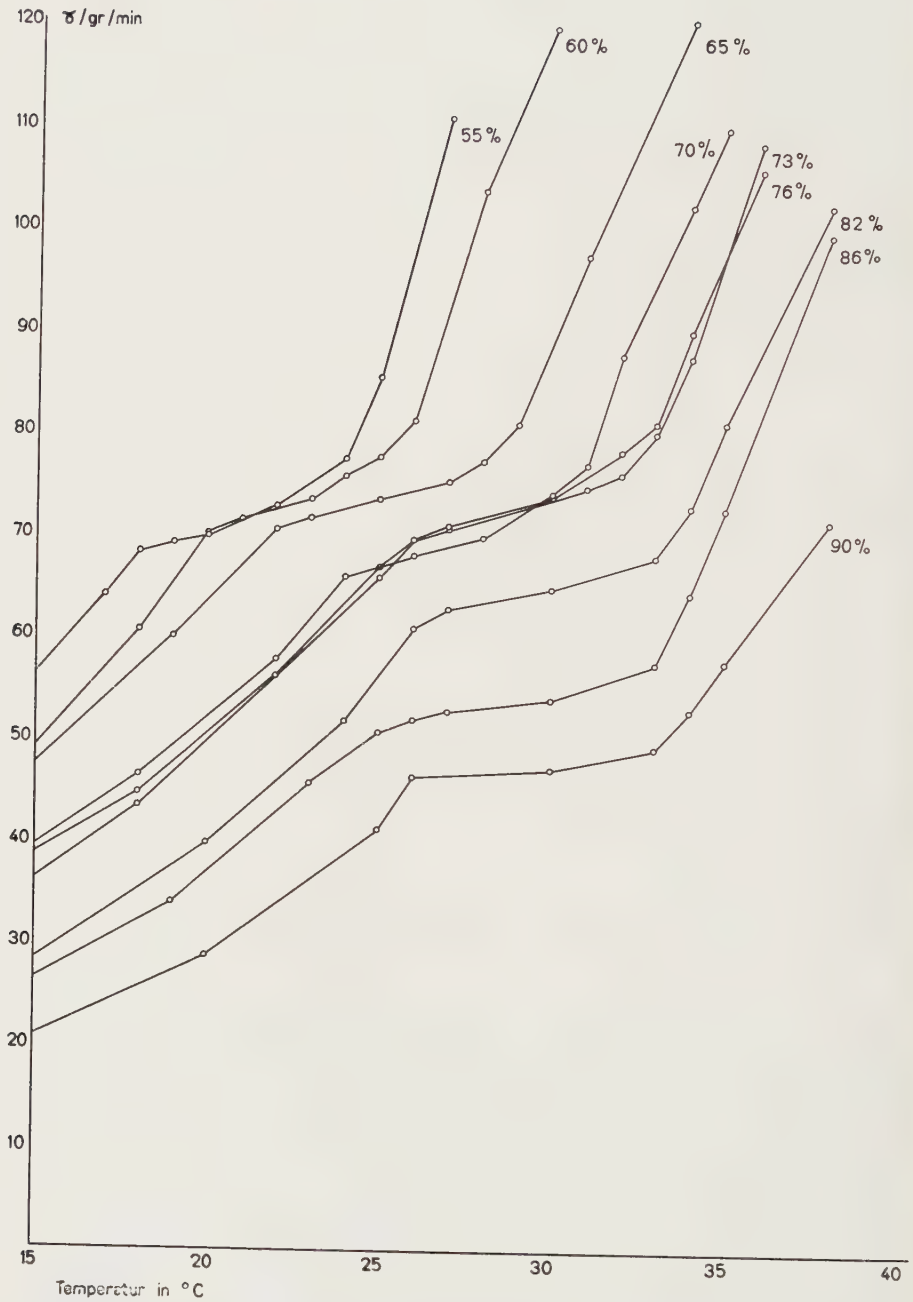


*Abb. 7.* Wasserdampfabgabe von *Lucilia sericata* Meig. bei konstanten relativen Feuchtigkeiten und variierter Temperatur

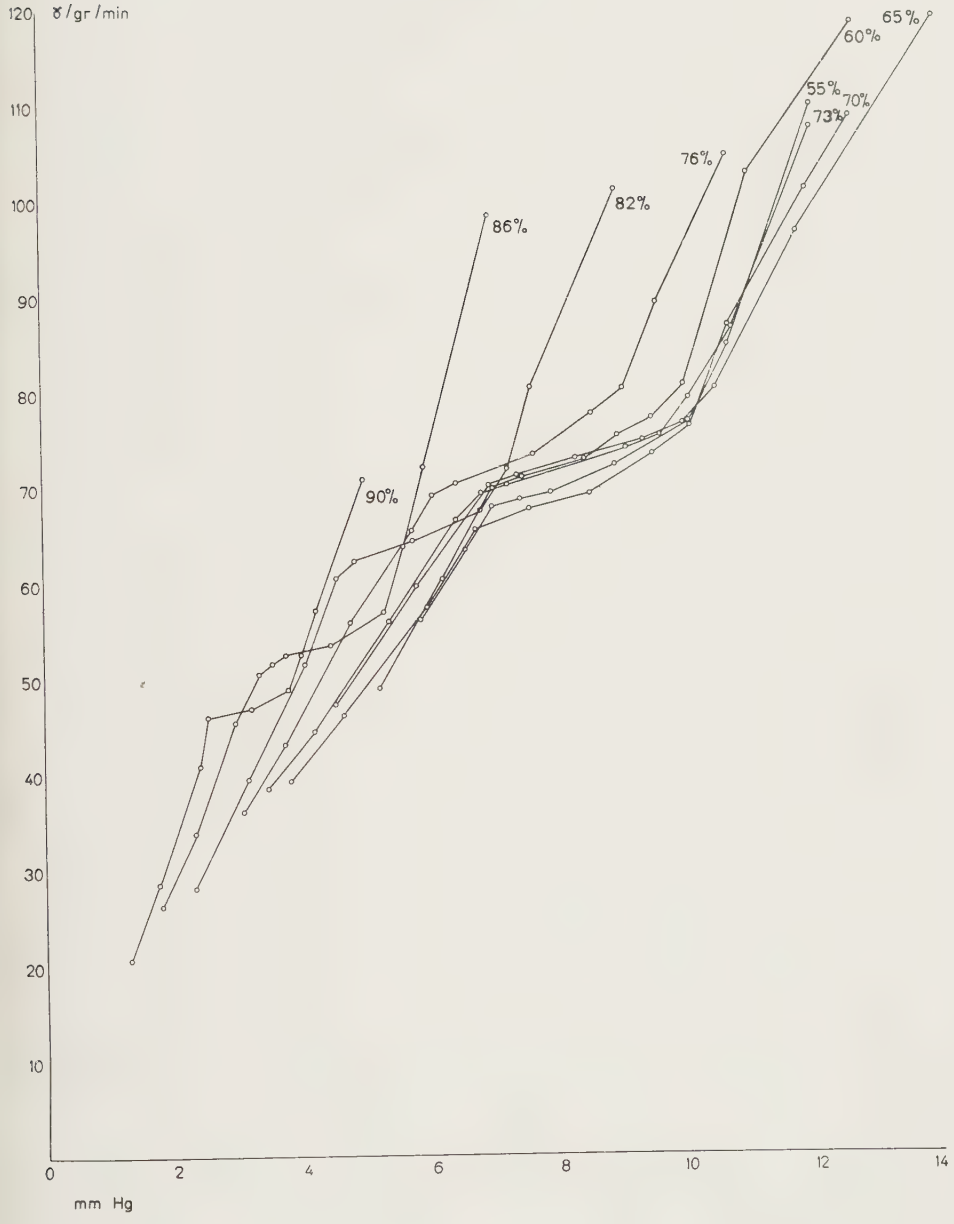


*Abb. 8.* Wasserdampfabgabe von *Lucilia sericata* Meig. bei konstanten relativen Luftfeuchtigkeiten und variierter Temperatur. Die Temperaturen in Abbildung 7 sind hier durch das Sättigungsdefizit ersetzt

temperatur bei verschiedener Luftfeuchtigkeit festgestellte Unterschied der arithmetischen Mittel bestätigte sich auch somit nach Umrechnung auf die Lufttemperaturen. Die Werte näherten sich geringfügig, von 2,17° C (Bodentemperatur) auf 1,82° C (Lufttemperatur).

b. *Transpirationsmessungen*

Abbildung 7 zeigt die Transpiration von *Lucilia sericata* Meig. bei konstanten relativen Luftfeuchtigkeiten und variierter Temperatur. Die abgebildeten Feuchtigkeitskurven stellen wiederum Mittelwerte aus je 4 Einzelablesungen dar (Originalwerte siehe Anmerkung bei *Calliphora erythrocephala* Meig.)

Auch bei *Lucilia sericata* Meig. treten, deutlicher noch als bei *Calliphora erythrocephala* Meig., in den Transpirationskurven unter gewissen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen Regulationsbereiche hervor. Abbildung 8 zeigt ebenfalls die Transpiration von *Lucilia sericata* Meig. bei konstanten relativen Luftfeuchtigkeiten und variierter Temperatur, wobei aber im Gegensatz zur relativen Luftfeuchtigkeit von *Calliphora erythrocephala* Meig. bei dieser Art die Temperaturen durch das Sättigungsdefizit auf der Abzisse ersetzt wurden. Wie bereits gezeigt, sind die Transpirationsmessungen von *Calliphora erythrocephala* Meig. bei konstanten Temperaturen und variierter Luftfeuchtigkeit vorgenommen. Sollte also bei *Lucilia sericata* Meig. der Bezug zum Sättigungsdefizit hergestellt werden, um die Regulationsbereiche schärfer hervortreten zu lassen, so war es zweckmäßig, bei dieser Art die Temperaturen durch das SD zu ersetzen, da jene auch im Versuch variiert wurden.

Abbildung 8 zeigt deutlich, daß durchgängig in allen Feuchtigkeitsstufen die Wasserdampfabgabe bis zum Einsetzen der Regulation proportional dem SD verläuft. Ebenso übereinstimmend in allen Kurven aber tritt das Phänomen der sog. Gegenregulation auf, d. h. nach dem Einschränkungsbereich erfolgt ein Kurvenanstieg, welcher erhöht und nicht proportional dem SD verläuft. Auf Grund dieser in allen Kurven übereinstimmender Phänomene kann bei nachfolgender Beschreibung auf eine Wiederholung verzichtet und nur die Lage der Regulationsbereiche geschildert werden.

Transpirationskurve 90 % rL: Der Regulationsbereich beginnt bei einem SD von 2,5 mm Hg (26° C, TR 46,1 γ/gr/min) und verläuft bis 3,8 mm Hg (33° C, TR 48,9 γ/gr/min) annähernd parallel zur Abzisse, folgt aber, wie auch bei allen nachfolgenden Kurven während der Transpirationseinschränkung nicht dem Sättigungsdefizit. Der Anstieg der Gegenregulation erfolgt anschließend.

Transpirationskurve 86 % rL: Einschränkung der Transpiration von 3,5 mm Hg (26° C, TR 51,7 γ/gr/min) bis 5,3 mm Hg (33° C, TR 57,1 γ/gr/min). Der Regulationsbereich verläuft leicht ansteigend.

Transpirationskurve 82 % rL: Die Grenzen der eingeschränkten Wasserdampfabgabe liegen bei 4,8 mm Hg (27° C, TR 62,3 γ/gr/min) und 6,8 mm Hg (33° C, TR 67,6 γ/gr/min).

Transpirationskurve 76 % rL: Eine Regulation erfolgt von 6,0 mm Hg (26° C, TR 69,2 γ/gr/min) bis 8,6 mm Hg (32° C, TR 77,8 γ/gr/min). Im Gegensatz zu dem Anstieg der anderen Kurven ist der Beginn dieses Anstiegs hier, nach der Einschränkung der Transpiration, nicht ganz exakt festzulegen.

Transpirationskurve 73 % rL: Die Transpirationseinschränkung erfolgt

zwischen 6,8 mm Hg (26° C, TR 69,3 γ/gr/min) und 9,6 mm Hg (32° C, TR 75,6 γ/gr/min).

Transpirationskurve 70 % rL: Entgegen den Regulationsbereichen der vorherigen Kurven beginnt dieser hier bereits bei 24° C (6,7 mm Hg, TR 65,7 γ/gr/min) und endet, ebenfalls eher, bei 31° C (10,1 mm Hg, TR 76,4 γ/gr/min).

Transpitrationskurve 65 % rL: Ein weiterer Temperaturabfall bei Beginn der Regulation läßt diese hier schon bei 22° C (6,9 mm Hg, TR 70,2 γ/gr/min) beginnen. Der Transpirationsanstieg erfolgt bei 28° C (9,9 mm Hg, TR 76,9 γ/gr/min).

Transpirationskurve 60 % rL: Der Regulationsbereich wird noch weiter in den kühleren Bereich verlegt, nämlich von 21° C (7,5 mm Hg, TR 71,2 γ/gr/min) bis 25° C (9,5 mm Hg, TR 77,3 γ/gr/min).

Transpirationskurve 55 % rL: Eine Regulation beginnt hier bereits schon bei 18° C (7,0 mm Hg, TR 68,0 γ/gr/min) und endet mit 24° C (10,1 mm Hg, TR 77,1 γ/gr/min).

Zusammenfassend läßt sich auf Grund der Abbildungen 7 und 8 sagen, daß in den Kurven eine ausgeprägte Regulation vorliegt, die bei den relativen Feuchtigkeiten von 90 %, 86 % und 82 % weder durch die Transpirationsrate noch durch das SD, sondern allein durch die Temperatur bestimmt zu werden scheint. Schwieriger hingegen ist eine Entscheidung bei den gemessenen Feuchtigkeiten von 73 und 76 % rL, deren Regulationsbereiche einmal gleiche Temperaturbegrenzung, auf der anderen Seite aber auch eine gleiche Transpirationsrate haben, so daß der die Regulation auslösende Faktor die Temperatur, die Transpirationshöhe oder beides sein kann. Bemerkenswert ist die Tatsache, daß sich die Regulationsbereiche dieser beiden Feuchtigkeiten gerade an der Übergangsstelle befinden, an welcher bei weiterer Herabsetzung der Feuchtigkeit die Vorzugsbereiche in kühlere Zonen verlagert werden. Vielleicht nehmen die Fliegen, gerade mit Bezug auf den Übergang der Regulationsbereiche, gar keine Unterscheidung dieser beiden an sich schon dicht beieinander liegenden Feuchtigkeiten vor, so daß hierdurch die Kongruenz der beiden Regulationsbereiche zu erklären ist. Der auslösende Faktor für eine Regulation bei den gemessenen Feuchtigkeiten von 55 bis 70 % rL dürfte wohl auf Grund des gleichen Niveau dieser Regulationsbereiche in der Höhe der Transpirationsrate gesucht werden.

Da an *Lucilia sericata* Meig. Transpirationsmessungen und Temperaturorgelversuche durchgeführt wurden, ist ein Vergleich zwischen dem Regulationsbereich der Transpirationsmessung und dem Vorzugsbereich des Temperaturorgelversuches bei einander entsprechenden relativen Feuchtigkeiten möglich. Es erhebt sich somit die Frage, ob der Regulationsbereich als Bereich der Vorzugstemperatur angesprochen werden kann, wie es bei den Versuchen von Schmidt (1955) der Fall war.

Der Vorzugsbereich der Temperaturorgelversuche an *Lucilia sericata* Meig. bei etwa 79 % rL erstreckt sich von 31°–39° C (Bodentemperatur) bzw. von 29°–36° C (Lufttemperatur). Die vergleichbare Feuchtigkeitskurve der Transpitrationsmessung ist die von 82 bzw. 76 % rL, die beide einen gleichen Regulationsbereich von 26°–33° C aufweisen. Der Vergleich zeigt, daß der Vorzugsbereich der Temperaturorgelversuche sich mit dem Regulationsbereich der Transpirationsmessung nur teilweise deckt, um auf der anderen Seite aber schon in den gegenregulatorischen Anstieg der Tran-

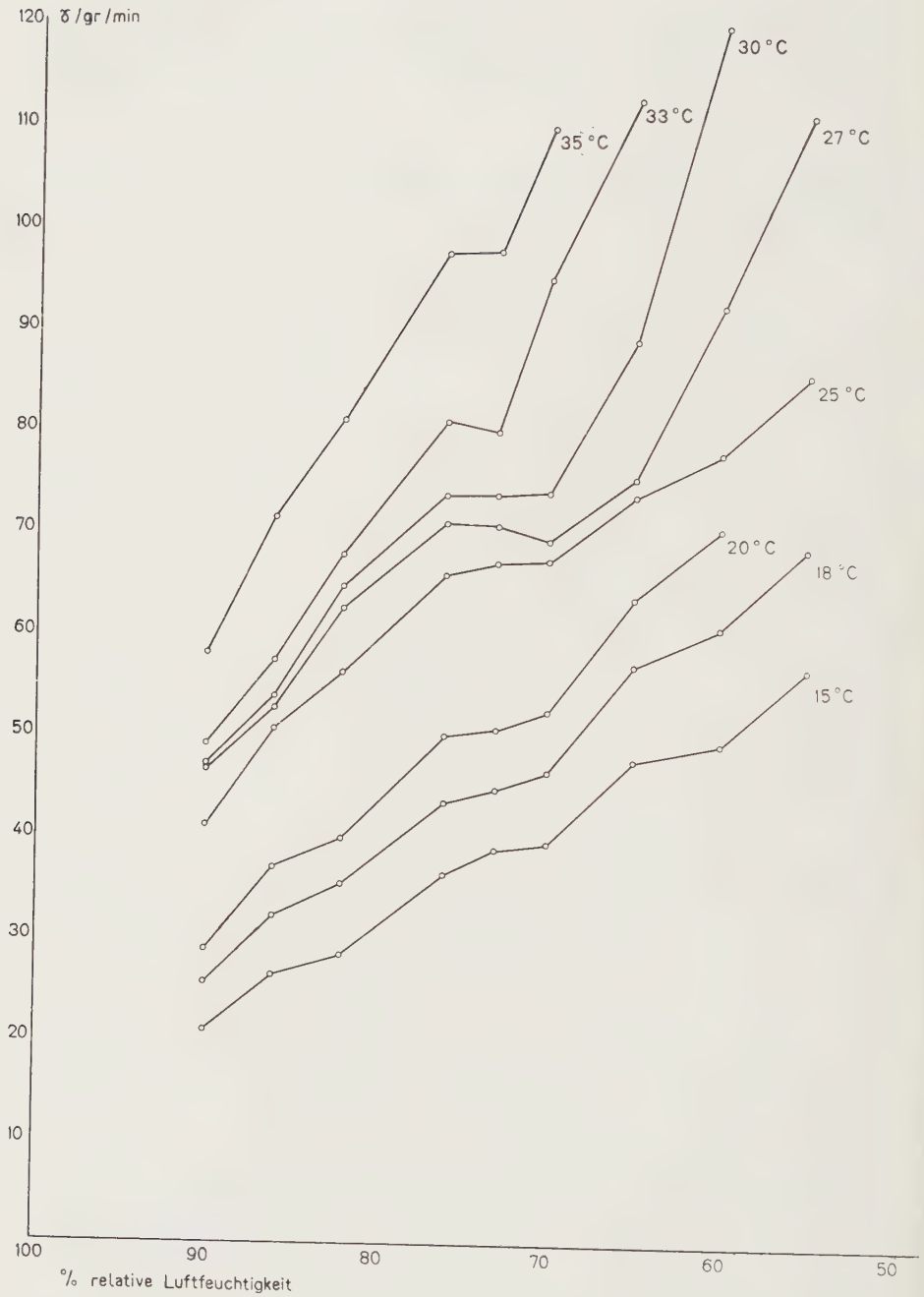


*Abb. 9.* Durch Werteaustausch gewonnene temperaturkonstante Transpirationskurven von *Lucilia sericata* Meig.

spirationskurve hineinzureichen. Diese Tatsache aber scheint mir trotzdem nicht dagegen zu sprechen, den Regulationsbereich der Transpiration bei *Lucilia sericata* Meig. als einen Vorzugsbereich anzusehen, wenn man bedenkt, daß der Temperaturorgelversuch doch ein relativ grobes Verfahren zur genauen Lokalisierung des Vorzugsbereiches im Vergleich zur Transpirationsmessung darstellt. Auch Schmidt (1955) kam bei seinen Versuchen bezüglich der Lage von Vorzugs- und Regulationsbereich zu ganz ähnlichen Ergebnissen, so daß man vielleicht annehmen muß, daß der Vorzugsbereich prinzipiell, zumindest aber sehr oft am Ende eines Regulationsbereiches zu liegen kommt. Außerdem läßt sich die angegebene relative Feuchtigkeit von 79 %, die die Feuchtigkeit des Versuchsraumes bei 18° C darstellt, wohl nicht ohne weiteres auf alle Temperaturen in der Orgel beziehen, da jene mit erhöhter Temperatur abnimmt, die wirklichen Verhältnisse des Luft- und Feuchtigkeitsaustausches in der Orgel aber infolge der geringen Raumhöhe mit den vorhandenen Mitteln nicht untersucht werden konnten.

Die Grenzen des Vorzugsbereichs von *Lucilia sericata* Meig. in der Temperaturorgel bei 100 % rL liegen bei 29 und 35° C (Bodentemperatur) bzw. 28 und 33° C (Lufttemperatur). Ein vergleichbarer Wert der Transpirationsmessung ist der von 90 % rL, welcher eine Regulation zwischen 26 und 33° C zeigt.

Obwohl die Feuchtigkeitsstufen dieser beiden Messungen infolge ihrer Unterschiedlichkeit nur bedingt vergleichbar sind, so scheint mir das Ergebnis durch die Kongruenz von Vorzugs- und Regulationsbereich doch erneut eine Bestätigung dafür, letzteren als einen Bereich der Vorzugstemperatur anzusehen.

Wie bereits erwähnt, wurde an den in Feuchtigkeitskurven gemessenen Transpirationswerten von *Lucilia sericata* Meig. ein sogenannter Werteaustausch vorgenommen. Dieser sollte zur Klärung der Frage dienen, ob die an dieser Art in feuchtigkeitskonstanten Kurven ermittelten Regulationsbereiche in gleicher Weise auch in temperaturkonstanten Kurven auftreten.

Technisch wurde dieser Werteaustausch so durchgeführt, daß aus den gemessenen Feuchtigkeitskurven die Transpirationswerte gleicher Temperatur zu einer entsprechenden Temperaturkurve vereinigt wurden. Auf diese Weise gewann ich von *Lucilia sericata* Meig. eine Anzahl von Temperaturkurven zwischen 15 und 35° C (Abb. 9), deren durchschnittliche Differenz 2–3° C beträgt (eine Ausnahme bildet der Temperaturabstand von 20–25° C). Die so durch Werteaustausch an dieser Art ermittelten Temperaturkurven sind in ihrem Wesen mit den gemessenen Temperaturkurven von *Calliphora erythrocephala* Meig. vergleichbar. Es erhebt sich die Frage: Ist ein derartiger Werteaustausch berechtigt?

Der an *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. aus gemessenen Feuchtigkeitskurven in Temperaturkurven vorgenommene Werteaustausch scheint mir gerechtfertigt, wenn man die Regulationsbereiche der gemessenen Feuchtigkeitskurven von *Calliphora erythrocephala* Meig. (Abb. 1, 2 und 3) mit den ausgetauschten Feuchtigkeitskurven von *Lucilia sericata* Meig. (Abb. 10) vergleicht. Obwohl die Regulationsbereiche in verschiedenen Zonen der Feuchtigkeit liegen, scheint mir die durch Messung und Werteaustausch ermittelten Regulationsbereiche in ihrer Charakteristik doch so übereinstimmend, daß ein Werteaustausch begründet ist. Bei einem solchen ergibt sich folgendes Ergebnis:

Transpirationskurve 15° C: Trotz kleinerer Unregelmäßigkeiten in der Kurve lassen sich ausgeprägte Einschränkungsbereiche der Transpiration nicht zeigen. Der Kurvenverlauf ist als mehr oder minder gradlinig zu bezeichnen.

Transpirationskurve 18° C: Auch hier geben, wie in der Transpirationskurve von 15° C, kleinere Unregelmäßigkeiten im Kurvenverlauf keinen sicheren Regulationsbereich an, obwohl man einen solchen, auch im Hinblick auf die nachfolgenden Temperaturkurven, zwischen 70 und 76 % rL vermuten möchte.

Transpirationskurve 20° C: Eine deutliche Einschränkung der Transpiration zwischen 70 und 76 % rL läßt diesen Bereich wohl als den einer Regulation erkennen. Der sich nach beiden Seiten anschließende Kurvenverlauf ist stetig.

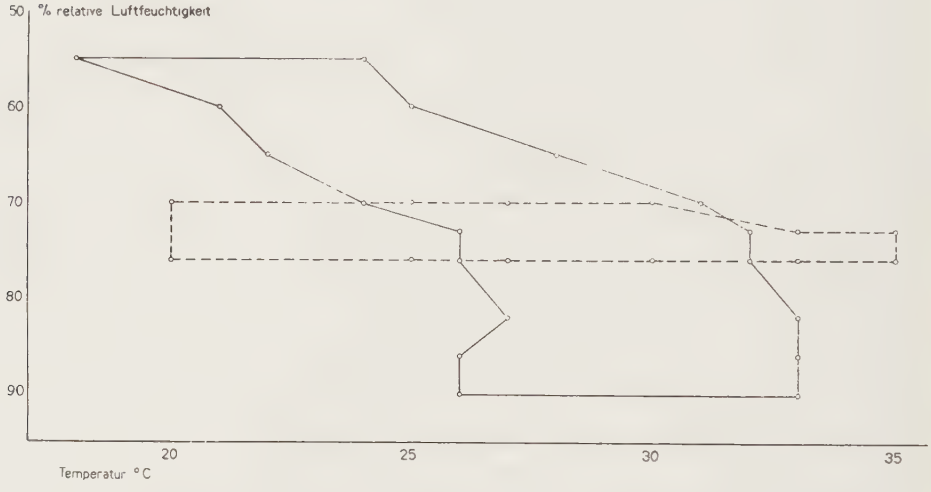


*Abb. 10.* Graphische Darstellung der an *Lucilia sericata* Meig. durch Messung (feuchtigkeitskonstante Kurven) und Werteaustausch (temperaturkonstante Kurven) ermittelten Regulationsbereiche
——— Regulationsbereiche der Feuchtigkeitskurven
- - - - - Regulationsbereiche der Temperaturkurven

Transpirationskurve 25° C: Auch hier ist ein Regulationsbereich, ebenso wie bei 20° C, zwischen 70 und 76 % rL kenntlich, dessen Deutlichkeit allerdings durch den flacheren Anstieg nach der Transpirationseinschränkung etwas verliert.

Transpirationskurve 27° C: Eine Regulierung der Transpiration erfolgt zwischen den relativen Feuchtigkeiten von 70 und 76 %.

Transpirationskurve 30° C: Ein deutlicher Einschränkungsbereich ist wiederum zwischen den relativen Feuchtigkeiten von 70 und 76 % erkennbar.

Transpirationskurve 33° C: Hier erfolgt bereits ein Anstieg bei 73 % rL, so daß sich der eigentliche Regulationsbereich, gegenüber denen der vorherigen Kurven, auf die relativen Feuchtigkeiten von 73 bis 76 % beschränkt.

Transpirationskurve 35° C: Bei dieser Kurve ist der Regulationsbereich gleich dem von 33° C, nämlich von 73–76 % rL.

Zusammenfassend läßt sich auf Grund von Abbildung 9 sagen, daß bei den vorliegenden Temperaturen eine Regulation in den Kurven von 20 bis 35° C vorliegt. Der Regulationsbereich erstreckt sich bei 20, 25, 27 und 30° C übereinstimmend von 70 bis 76 % rL, den Temperaturen 33 und 35° C von 73 bis 76 % rL. Die Regulation der Kurven selbst in Abb. 9 scheint, ebenso wie die bei den gemessenen temperaturkonstanten Kurven von *Calliphora erythrocephala* Meig., oberhalb 18° C allein durch die Temperatur bestimmt zu werden.

Abb. 10 zeigt die Gegenüberstellung der durch Messung in feuchtigkeitskonstanten und Werteaustausch in temperaturkonstanten Kurven an *Lucilia sericata* Meig. ermittelten Regulationsbereiche. Wie in der Einleitung erwähnt und auch aus der Abbildung klar hervorgeht, bestehen Unterschiede in den Regulationsbereichen bezüglich ihrer Begrenzung durch Feuchtigkeit und Temperatur, je nachdem, ob diese in Feuchtigkeits- oder aber Temperaturkurven ermittelt wurden. Das Insekt scheint also, entsprechend der gewählten Variation dieser beiden Faktoren, unterschiedlichen physiologischen Abhängigkeiten in der Regulation zu unterliegen. Auf die Möglichkeit einer evtl. Vereinigung dieser verschiedenen Regulationsbereiche zur Aufstellung eines Thermohygrogrammes soll bei der Auswertung, Kapitel D, eingegangen werden.

Der Grund, warum an den Transpirationswerten von *Calliphora erythrocephala* Meig. kein Werteaustausch vorgenommen wurde, war der hierfür ungeeignete Temperaturabstand, der zwischen den an dieser Art ermittelten Transpirationskurven vorlag. Denn der gemessene, durchgängige Abstand der Temperaturen von 5 zu 5° C (Abb. 1), erwies sich als zu groß, um in einer ausgetauschten feuchtigkeitskonstanten Kurve die Regulationsbereiche deutlich festzulegen. Wie die Originalwerte für *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. zeigen, war bei diesen Arten der Temperaturabstand zwischen den gemessenen Werten, insbesondere den Grenzen der Regulationsbereiche, um ein beträchtliches geringer.

## II. Nematocera

### 1. *Aedes aegypti* L.

#### a. Temperaturorgelversuche

Abbildung 11 zeigt die graphische Darstellung der an *Aedes aegypti* L. ermittelten Temperaturorgelwerte bei Zimmerfeuchtigkeit (81 % rL bei 20° C). Das arithmetische Mittel wurde aus vorliegenden Besetzungswerten mit 31,76° C ± 0,44° C (3 $\sigma_A$) errechnet. Die Prüfung nach der $\chi^2$-Methode ergab auch für die Verteilungskurve von *Aedes aegypti* L. keine Normalverteilung, da dem geforderten $\chi^2$ von 43,82 (P = 0,001), ein errechnetes $\chi^2$ von 77,30 gegenüberstand und somit die Bedingung für eine Schiefe der Verteilung noch über das erforderliche Maß hinaus erfüllt war. Damit wurde wiederum die Errechnung des Dichtemittels zur Charakterisierung des Optimum wünschenswert. Seine Errechnung ergab einen Wert von 34,25° C.

Die Darstellung der Temperaturorgelablesungen an *Aedes aegypti* L. beschränkt sich auf die Bodentemperaturen, da die Lufttemperaturen in der Orgel, infolge des durch die Tiergröße bedingten verringerten Abstandes zwischen dem Boden und des abschließenden Glasringes, mit den vorhandenen Mitteln nicht untersucht werden konnten.

b. Transpirationsmessungen

Abbildung 12 zeigt die Transpiration von *Aedes aegypti* L. bei konstanten relativen Luftfeuchtigkeiten und variierter Temperatur. Die abgebildeten Feuchtigkeitskurven stellen ebenfalls Mittelwerte aus je 4–5 Einzelablesungen dar und zeigen unter bestimmten Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen deutlich ausgeprägte Regulationsbereiche. Abbildung 13 gibt ebenfalls die Transpiration von *Aedes aegypti* L. bei konstanter relativer Luftfeuchtigkeit wieder, wobei aber die Temperaturen ebenso wie bei *Lucilia sericata* Meig. durch das Sättigungsdefizit auf der Abzisse ersetzt wurden.

Abbildung 13 zeigt, daß durchgängig in allen Feuchtigkeitsstufen die Wasserdampfabgabe bis zum Einsetzen der Regulation proportional dem Sättigungsdefizit verläuft. Ebenso übereinstimmend in den Kurven aber tritt

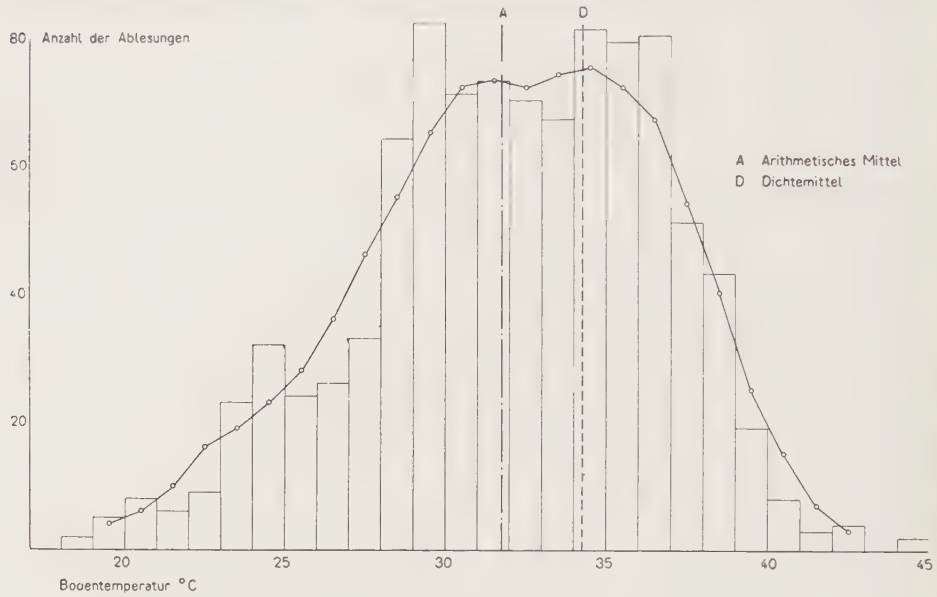


*Abb. 11.* Säulendiagramm und Ausgleichskurve (fünfgliedriger gleitender Durchschnitt) der an *Aedes aegypti* L. bei Zimmerfeuchtigkeit (81 % rL. bei 20° C) ermittelten Temperaturorgelwerte (Bodentemperaturen). Anzahl der Ablesungen: 956

auch hier das Phänomen der schon oft erwähnten Gegenregulation auf, d. h. nach dem Einschränkungsbereich erfolgt ein Kurvenanstieg, welcher erhöht und nicht proportional dem Sättigungsdefizit verläuft. Auf Grund dieser, in allen Kurven übereinstimmender Phänomene, konnte bei nachfolgender Beschreibung auf eine Wiedergabe verzichtet und sich nur auf die Kennzeichnung der Regulationsbereiche beschränkt werden.

Transpirationskurve 90 % rL: Der Regulationsbereich beginnt bei 28° C (2,8 mm Hg, TR 168,5 γ/gr/min), verläuft dann leicht ansteigend und endet mit einer Temperatur von 33° C (3,8 mm Hg, TR 182,5 γ/gr/min). Der Einschränkungsbereich folgt, ebenso wie auch bei allen nachfolgenden Kurven, nicht dem Sättigungsdefizit. Der Anstieg der Gegenregulation erfolgt anschließend.

*Abb. 12.* Wasserdampfabgabe von *Aedes aegypti* L. bei konstanten relativen Luftfeuchtigkeiten und variierter Temperatur

Transpirationskurve 87 % rL: Bei dieser Kurve erfolgt eine Transpirationseinschränkung zwischen 26° C (3,3 mm Hg, TR 172,0 γ/gr/min) und 33° C (4,9 mm Hg, TR 196,0 γ/gr/min).

Transpirationskurve 82 % rL: Der Beginn der Regulation wird weiter vorverlegt und reicht von 24° C (4,0 mm Hg, TR 174,9 γ/gr/min) bis 30° C (5,7 mm Hg, TR 195,0 γ/gr/min).

Transpirationskurve 79 % rL: Die Transpirationseinschränkung erfolgt zwischen 23° C (4,4 mm Hg, TR 183,1 γ/gr/min) und 28° C (6,0 mm Hg, TR 200,2 γ/gr/min).

Transpirationskurve 76 % rL: Gegenüber der vorherigen Transpirationskurve von 79 % rL beginnt die Regulation hier schon bei geringerer

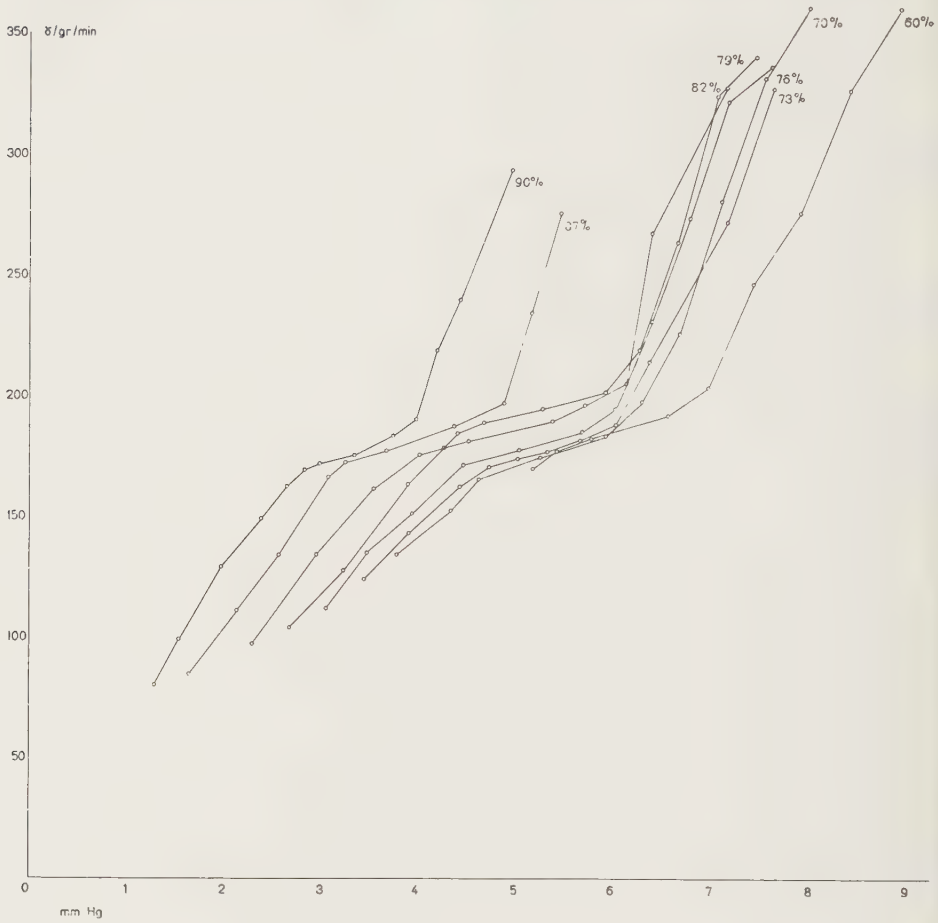


*Abb. 13.* Wasserdampfabgabe von *Aedes aegypti* L. bei konstanten relativen Luftfeuchtigkeiten und variierter Temperatur. Die Temperaturen in Abbildung 12 sind hier durch das Sättigungsdefizit ersetzt

Transpirationsrate. Der Bereich der Einschränkung ist deutlich zwischen 21° C (4,5 mm Hg, TR 170,3 γ/gr/min) und 25° C (5,7 mm Hg, TR 184,1 γ/gr/min) erkennbar.

Transpirationskurve 73 % rL: Die Kontinuität der Vorverlegung des Regulationsbereiches in einen kühleren Temperaturbereich mit abnehmender relativer Luftfeuchtigkeit wird auch hier beibehalten. Dieser erstreckt sich von 20° C (4,7 mm Hg, TR 169,6 γ/gr/min) bis 24° C (6,0 mm Hg, TR 187,1 γ/gr/min).

Transpirationskurve 70 % rL: Korrespondierend mit der Transpirationsrate der vorherigen Kurven bei Einsetzen der Regulation, liegt diese zwischen 18° C (4,6 mm Hg, TR 164,4 γ/gr/min) und 22° C (5,9 mm Hg, TR 182,4 γ/gr/min).

Transpirationskurve 60 % rL: Durch das ständige Wandern des Einschränkungsbereiches der Transpiration zu niederen Temperaturen hin, mit sinkender relativer Luftfeuchtigkeit, ist der Beginn der Regulation in vorliegender Kurve nicht mehr zu erkennen. Der Transpirationsanstieg aber, deutlich zu lokalisieren, erfolgt bei 19° C (6,6 mm Hg, TR 190,3 γ/gr/min).

Zusammenfassend läßt sich auf Grund der Abb. 12 und 13 sagen, daß in den Kurven eine ausgesprochene Regulation vorliegt, die mit Ausnahme geringfügiger Abweichungen bei allen gemessenen Feuchtigkeitsstufen auf gleicher Transpirationshöhe liegt, und zwar zwischen 170 und 200 γ/gr/min. Somit ist der die Transpirationseinschränkung auslösende Faktor wohl zur Hauptsache in der Höhe der Transpirationsrate zu suchen, während der die Regulation begrenzende jedoch bei den Kurven von 90, 87 und 82 % rL der Abb. 15 nach in der Temperatur zu liegen scheint. Nach Abb. 13 nämlich kann das SD für eine Begrenzung der Regulationsbereiche auf Grund seiner unterschiedlichen Werte bei diesen drei Kurven nicht verantwortlich gemacht werden. Hingegen begrenzt bei den Transpirationskurven von 70 bis 79 % rL (Abb. 13) das Sättigungsdefizit die Regulationsbereiche, da in diesen Kurven ein SD von 6,0 mm Hg nicht überschritten wird. Erst mit 60 % rL tritt dann ein solches oberhalb 6,0 mm Hg auf.

Ein Vergleich zwischen dem Regulationsbereich der Transpirationsmessung und dem Vorzugsbereich des Temperaturorgelversuches an *Aedes aegypti* L. bei einander entsprechenden relativen Feuchtigkeiten zeigt folgendes:

Der Zimmerfeuchtigkeit von 81 % rL (20° C) würde praktisch eine relative Feuchtigkeit von 82 % der Transpirationsmessung entsprechen. Der Vorzugsbereich der Temperaturorgelversuche erstreckt sich nach Bodentemperaturablesungen bei erwähnter Feuchtigkeit von 28–36° C, der der Transpirationsmessung bei 82 % rL von 24–30° C. Auch hier zeigt sich wiederum, daß der größere Teil des Vorzugsbereiches der Temperaturorgelmessung mit dem gegenregulatorischen Anstieg der Transpirationsmessung zusammenfällt. Damit liegen auch bei dieser Art die Beziehungen des Vorzugsbereiches der Temperaturorgelablesung zum Einschränkungsbereich der Transpirationsmessung ähnlich wie bei *Lucila sericata* Meig.

Bei diesem Versuch wurden keine Lufttemperaturablesungen in der Orgel vorgenommen. Eine evtl. Verschiebung des Vorzugsbereiches von *Aedes aegypti* L. zur kühleren Seite hin müßte deshalb bei einem Vergleich berücksichtigt werden, vorausgesetzt, daß die Tiere sich wirklich überwiegend nach der Lufttemperatur richten.

Auch bei *Aedes aegypti* L. wurden die Regulationsbereiche der unter feuchtigkeitskonstanten Bedingungen gemessenen, mit denen unter temperaturkonstanten Bedingungen ermittelten Transpirationskurven verglichen. Aus diesem Grunde sind in Abb. 14 die an dieser Art unter konstanten Feuchtigkeitsbedingungen ermittelten Transpirationswerte in temperaturkonstante Kurven ausgetauscht.

Transpirationskurve 15° C: Der Kurvenverlauf weist keine Einschränkungsbereiche auf. Der Transpirationsanstieg ist stetig.

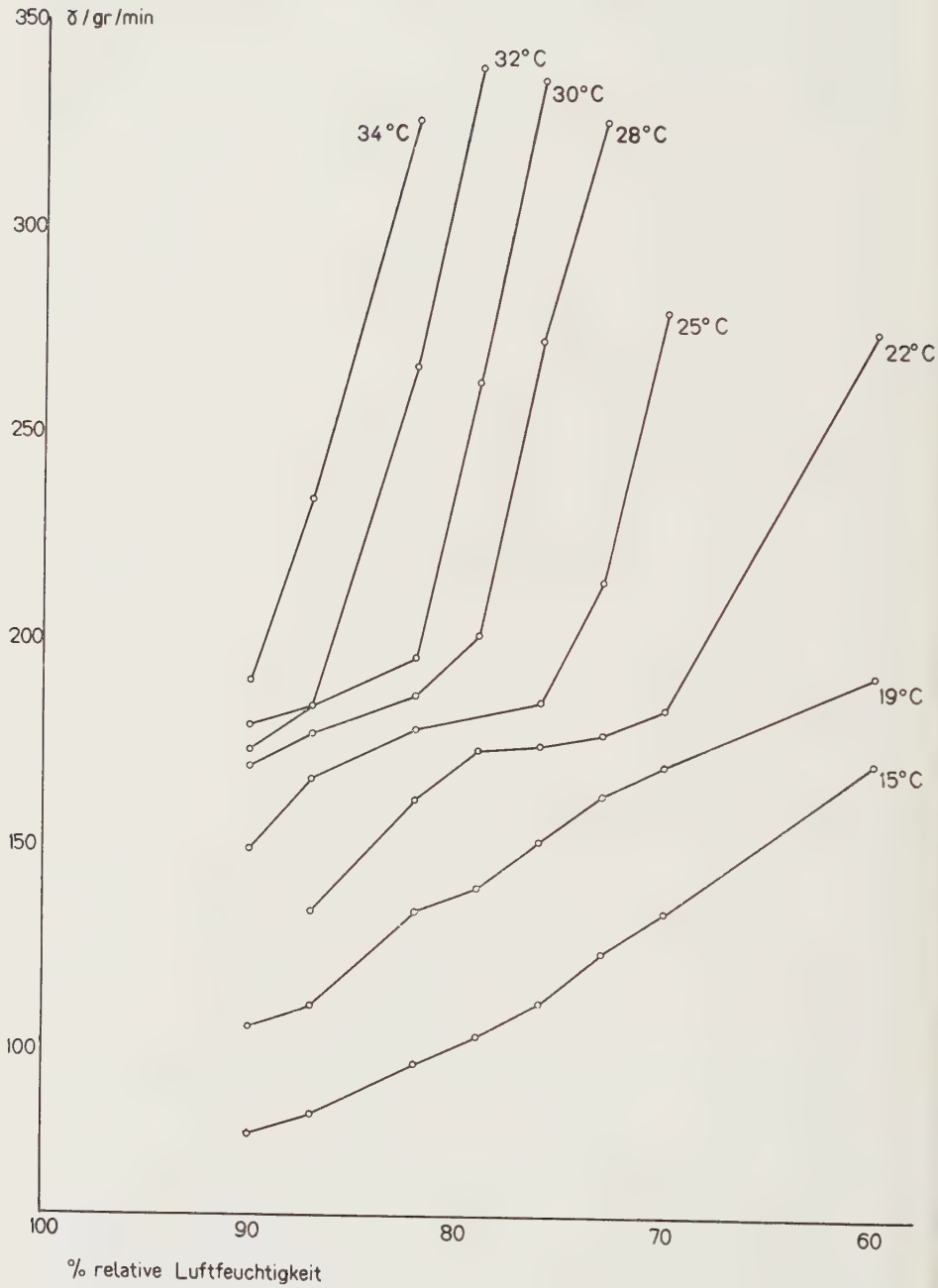


*Abb. 14.* Durch Werteaustausch gewonnene temperaturkonstante Transpirationskurven von *Aedes aegypti* L.

Transpirationskurve 19° C: Obwohl kleinere Unregelmäßigkeiten in der Kurve vorkommen, sind diese doch zu gering, um den Schluß auf einen Einschränkungsbereich zuzulassen.

Transpirationskurve 22° C: Ein ausgeprägter Regulationsbereich liegt zwischen 79 % (SD 3,2 mm Hg) und 70 % rL (SD 6,0 mm Hg), in welchem die Transpiration fast parallel zur Abzisse verläuft.

Transpirationskurve 25° C: Der Kurvenanstieg nach der Transpirationseinschränkung beginnt bereits bei 76 % rL (SD 5,7 mm Hg). Trotzdem der vorliegende Regulationsbereich nicht so flach und regelmäßig verläuft, wie der der 25° C-Kurve, ist sein Beginn doch deutlich bei 87 % rL (SD 3,1 mm Hg) festzusetzen.

Transpirationskurve 28° C: Die Tendenz der vorherigen Temperaturkurven, den Regulationsbereich mit steigender Temperatur in höhere Feuchtigkeiten vorzuverlegen, gibt sich auch bei dieser Kurve zu erkennen. Der Beginn der Einschränkung liegt bei 90 % rL (SD 2,8 mm Hg), der erneute Transpirationsanstieg bei 79 % rL (SD 6,0 mm Hg). Ob der Beginn der Regulation hier evtl. 90 % rL noch übersteigt, läßt sich auf Grund der Messung nicht feststellen, da oberhalb dieser Feuchtigkeit wegen zu geringer Taupunktunterschiede keine Messungen durchgeführt wurden.

Transpirationskurve 30° C: Der Beginn einer Transpirationseinschränkung ist entsprechend der Tendenz der vorhergehenden Kurven, wie auch auf Grund dieses Kurvenverlaufes oberhalb 90 % rL, d. h. im nicht mehr gemessenen Bereich anzunehmen. Ein erneuter Transpirationsanstieg ist bei 82 % rL (SD 5,7 mm Hg) deutlich erkennbar.

Transpirationskurve 32° C: Auch hier liegt der Beginn des Regulationsbereiches schon so stark an der Grenze des meßbaren Bereiches, daß dieser nicht mehr lokalisiert werden kann und sehr wahrscheinlich ebenfalls oberhalb 90 % rL liegt. Das Ende des Einschränkungsbereiches ist bei 87 % rL (SD 4,6 mm Hg).

Transpirationskurve 34° C: Ein Einschränkungsbereich ist nicht mehr zu erkennen; der Kurvenverlauf im gemessenen Bereich ist gradlinig. Ob ein Regulationsbereich oberhalb 90 % rL existiert, läßt sich auf Grund des regelmäßigen Auftretens von Einschränkungsbereichen in den anderen Kurven oberhalb 19° C nur vermuten, durch Messung aber nicht belegen.

Zusammenfassend findet nach Abb. 14 bei den vorliegenden Temperaturen eine Regulation in den Kurven von 22–32° C statt. Die Regulationsbereiche weisen eine annähernd gleich hohe Transpirationsrate auf, so daß – wie bereits schon bei den gemessenen Feuchtigkeitskurven von *Aedes aegypti* L. erwähnt – diese für die Transpirationseinschränkung auslösend zu sein scheint. Der begrenzende Faktor der Einschränkungsbereiche hingegen liegt bei den Temperaturkurven 22–30° C in einem SD von rund 6,0 mm Hg. Das SD für die Temperaturkurven wurde nicht in die Abbildung eingetragen.

Der Einschränkungsbereich der Transpirationskurve 32° C jedoch wird gegenüber den erwähnten Temperaturkurven 22–30° C durch ein SD von 4,6 mm Hg begrenzt. Dieses Ergebnis legt die Vermutung nahe, daß 30° C eine Temperaturgrenze in der Transpirationsregulation dieser Art bildet, oberhalb welcher Temperatur das erträgliche Sättigungsdefizit unterhalb 6,0 mm Hg liegt.

Eine Gegenüberstellung der durch Messung in feuchtigkeitskonstanten und Werteaustausch in temperaturkonstanten Kurven ermittelten Regula-

tionsbereiche gibt die Abbildung 15. Auch bei dieser Art bestehen, ebenso wie bei *Lucilia sericata* Meig., Unterschiede in den Regulationsbereichen bezüglich ihrer Begrenzung durch Feuchtigkeit und Temperatur, je nachdem, ob diese in Feuchtigkeits- oder aber Temperaturkurven ermittelt wurden. Auf die Möglichkeit einer evtl. Angleichung dieser beiden unterschiedlichen Regulationsbereiche ist im folgenden Kapitel eingegangen.

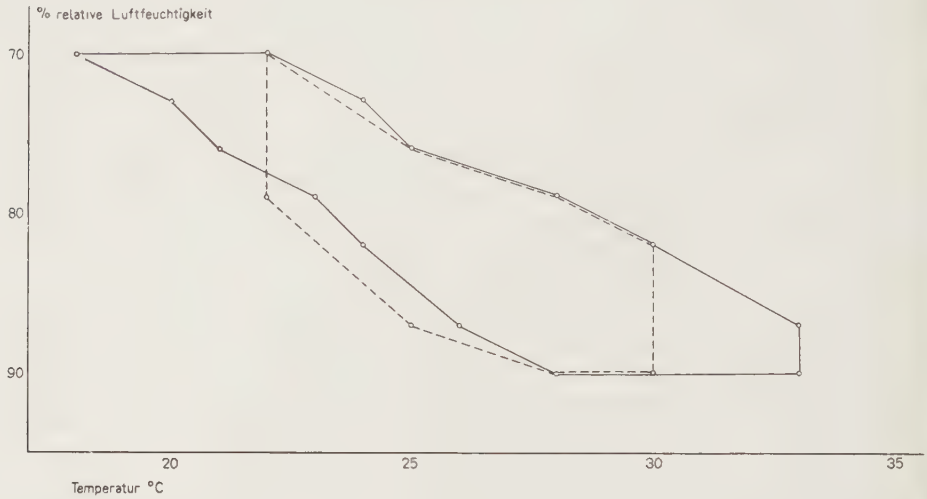


*Abb. 15.* Graphische Darstellung der an *Aedes aegypti* L. durch Messung (feuchtigkeitskonstante Kurven) und Werteaustausch (temperaturkonstante Kurven) ermittelten Regulationsbereiche

## D. Auswertung der experimentellen Ergebnisse

### I. Transpirationsmessungen *(Thermohygrogramme)*

Die in vorliegender Arbeit ermittelten Transpirationskurven von *Calliphora erythrocephala* Meig., *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. weisen in ihrem Verlauf Unregelmäßigkeiten, d. h. Transpirationseinschränkungen auf, gleichgültig, ob die Transpirationswerte in Feuchtigkeits- oder Temperaturkurven gemessen oder ausgetauscht wurden.

Diese Zonen der Transpirationseinschränkung müssen mit größter Wahrscheinlichkeit auf Grund der vergleichenden Temperaturorgelversuche dieser Arbeit als Vorzugsbereiche bei den jeweils gebotenen Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen angesehen werden. Daß es sich bei diesem Zusammentreffen der Vorzugsbereiche der Temperaturorgelmessungen mit den Regulationsbereichen der Transpirationsmessungen nicht um Zufälligkeiten handelt, wird auch durch andere Autoren, wenn auch an anderen Insekten, nachgewiesen, so durch die Versuche an Carabiden von Schmidt (1955) und an Heuschrecken von Jakovlev und Krüger (1954).

Sowohl bei *Lucilia sericata* Meig., als auch bei *Aedes aegypti* L., liegt der in Temperaturorgelmessungen ermittelte Vorzugsbereich am Ende des Regulationsbereiches der Transpirationsmessung. Als Erklärung hierfür nehme ich mit Jakovlev und Krüger (1954) an, daß auf Grund ihres großen Wär-

mebedürfnisses die Tiere die höchste tragbare Temperatur bezüglich der relativen Luftfeuchtigkeit resp. des Sättigungsdefizit aufsuchen.

Die Annahme von SCHMIDT (1955), daß die Laufkäfer weniger auf die Faktoren der Temperatur und Feuchtigkeit reagieren, als sich vielmehr in ihrem regulatorischen Verhalten nach der Höhe der absoluten Transpiration richten, scheint für die untersuchten Fliegen *Calliphora erythrocephala* MEIG. und z. T. auch für *Lucilia sericata* MEIG. – innerhalb der gemessenen Feuchtigkeiten von 82–90 % rL – nicht zuzutreffen. Hingegen findet für die Stechmücke *Aedes aegypti* L. diese Annahme eine Bestätigung. Allerdings trägt auch hier die Höhe der absoluten Transpiration einen nur auslösenden Charakter für eine Transpirationseinschränkung, während die Begrenzung des Regulationsbereiches sowohl bei *Lucilia sericata* MEIG. als auch bei *Aedes aegypti* L. durch die Höhe des Sättigungsdefizit gegeben ist.

Ebenso fanden JAKOVLEV und KRÜGER (1954) bei den Transpirationsmessungen an der Hausgrille *(Gryllus domesticus* L.), daß bei verschiedener Temperatur auch ein verschiedenes Niveau des Regulationsbereiches bezüglich der Transpirationsrate erreicht wird, so daß das regulatorische Verhalten der Hausgrille ebenso nicht von der Höhe der absoluten Transpirationsrate bestimmt wird.

Die Verschiebung der Regulationsbereiche bei *Lucilia sericata* MEIG. und *Aedes aegypti* L. unter verschiedenen Feuchtigkeitsbedingungen lassen deutlich einen Einfluß der Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur erkennen. Damit ist für die beiden Arten ein Einfluß der relativen Luftfeuchtigkeit auf die Vorzugstemperatur bewiesen.

Der Feuchtigkeitsanspruch von *Aedes aegypti* L. erweist sich nach den ermittelten Feuchtigkeitskurven als recht stark, denn trotz hoher relativer Luftfeuchtigkeiten – sogar schon ab 90 % – erfolgt mit sinkender Luftfeuchtigkeit eine ständige Verlagerung des Vorzugsbereiches in kühlere Zonen, d. h. *Aedes aegypti* L. reagiert auf trockenere Luft mit negativer Thermotaxis. Bemerkenswert ist das Einhalten der 6-mm-Hg-Grenze im Sättigungsdefizit bei den Feuchtigkeitsstufen von 70–82 % rL. Wie groß der Feuchtigkeitsanspruch dieser Art gegenüber geringen Luftfeuchtigkeitsunterschieden ist, zeigt die Verschiebung der Vorzugsbereiche, die bei 2–3 % rL durchschnittlich 1° C beträgt, womit auch für *Aedes aegypti* L., als einem Vertreter der vorwiegend nächtlich aktiven *Nematocera,* die Ansicht von NECHELES (1927) eine Bestätigung findet, der in der nächtlichen Aktivität vieler Insekten die Vermeidung eines größeren Sättigungsdefizit sieht.

Die Vorliebe dieser Art für hohe Feuchtigkeiten bestätigen auch die Versuche von PARKER (1952) sowie die Ergebnisse der Temperatur- und Feuchtigkeitskammerversuche von MARTINI und TEUBNER (1933). Die gewonnenen Ergebnisse legen somit die Vermutung nahe, das Feuchtigkeitsoptimum von *Aedes aegypti* L. noch über 90 % rL anzunehmen. Hingegen widerlegen die ermittelten Regulationsbereiche die Ansicht von LEWIS (1933), der auf Grund der großen Feuchtigkeitsliebe dieser Art zu dem Schluß kommt, daß die Mücke allem Anschein nach keine physiologischen Einrichtungen besitzt, um Wasserverluste in trockener Luft zu vermeiden.

Daß die an dieser Stechmücke, im Hinblick ihrer Beziehungen zum Sättigungsdefizit, sich ergebenden Resultate keine allgemeingültigen Schlüsse auf alle Vertreter der *Nematocera* zulassen, zeigen die Feuchtigkeitsversuche von HUNDERTMARK (1941), der in Untersuchungen an *Anopheles maculipennis messeae* und *atroparvus* feststellte, daß sich die beiden Rassen in

ihren Reaktionen gegenüber der Feuchtigkeit kaum oder gar nicht unterschieden und daß die Mücken bei Temperaturen von 10, 15, 20 und 25° C gleichmäßig dieselben Feuchtigkeitsprozente innerhalb 80–97 % rL aufsuchten, d. h. unabhängig vom Sättigungsdefizit reagierten[5]. Diese Versuche, wie auch meine eigenen zeigen, daß bereits innerhalb der Gruppe der *Nematocera,* verschiedene Arten offenbar auch verschiedene physiologisch-physikalische Abhängigkeiten aufweisen und daß die ermittelten Versuchsergebnisse – dort wie hier – keine Berechtigung zu Folgerungen von allgemeiner Gültigkeit geben.

Allerdings ist das Ergebnis von Hundertmark (1941) in seiner Art mit dem an *Calliphora erythrocephala* Meig. ermittelten vergleichbar, wo – hier aber in der Gruppe der *Brachycera* – ebenfalls eine Abhängigkeit dieser Fliege allein von der relativen Luftfeuchtigkeit gezeigt werden konnte.

Ganz anders sind die Feuchtigkeitsansprüche der Freilandfliege *Lucilia sericata* Meig., deren Vorzugsbereich trotz unterschiedlicher absoluter Transpirationshöhe sich bei den gemessenen Feuchtigkeiten von 73–90 % rL nicht verändert. Ihr genügen relative Feuchtigkeiten bis 73 % bei einer maximalen Temperatur von 33° C. Erst unterhalb dieser Feuchtigkeitsstufe findet bei dieser Art mit sinkender relativer Luftfeuchtigkeit eine Verschiebung des Vorzugsbereiches in kühlere Zonen statt. Hierbei wird aber bei *Lucilia sericata* Meig. ein Sättigungsdefizit von 10 mm Hg eingehalten. Auch in der Unterschiedlichkeit dieses Grenzwertes im Sättigungsdefizit, zeigt sich die experimentelle Bestätigung der ökologischen Ansprüche dieser Art gegenüber *Aedes aegypti* L. Denn *Lucilia sericata* Meig. muß in der Lage sein, ein relativ hohes Sättigungsdefizit zu ertragen, um in ihrem Biotop, dem Freiland, tags leben zu können. Möglicherweise wird bei dieser Art ein hoher Prozentsatz des Gesamtwassers in den Körperkolloiden gehalten, das somit nicht sogleich durch Austrocknung entfernt werden kann (Ludwig 1945).

Die experimentellen Ergebnisse an *Calliphora erythrocephala* Meig., deren Regulation in den Transpirationskurven zwischen 81 und 90 % rL liegt, geben eine gute Bestätigung der größeren Feuchtigkeitsansprüche dieser Fliege, deren natürliches Biotop vorwiegend der Wald ist (Wardle 1927), gegenüber der Regulation zwischen 70 bzw. 73–76 % rL der Temperaturkurven von *Lucilia sericata* Meig. als Freilandtier.

Wie bereits erwähnt, hat sich durch den Werteaustausch gezeigt, daß die Regulationsbereiche verschieden gelagert sind, je nachdem, ob sie in Feuchtigkeits- oder aber Temperaturkurven ermittelt wurden. Wie ist nun ein Ausgleich dieser beiden verschiedenen Regulationsbereiche möglich, so daß sie für die Aufstellung eines wohl definierten *Thermohygrogrammes* Verwertung finden können? Ein *Thermohygrogramm* soll bekanntlich nicht nur Auskunft geben über den Vorzugsbereich bezüglich der Temperatur und

[5] Bei den Versuchen von Hundertmark (1941) ist allerdings zu berücksichtigen, daß die Versuche nur bis zu einer Temperatur von 25° C durchgeführt wurden, d. h. die untere Grenze des bei dieser Temperatur aufgesuchten Feuchtigkeitspraeferendum von 80 % rL ergibt ein Sättigungsdefizit von nur annähernd 5,0 mm Hg. Es erhebt sich die Frage, welche Reaktionen der Mücken bei Temperaturen von 30° C und darüber beobachtet worden wären, wo bei 80 % rL das Sättigungsdefizit schon Werte von 6–8 mm Hg annimmt. Wie sich bei den Untersuchungen an *Aedes aegypti* L. gezeigt hat, tritt bei dieser Art eine Reaktion gegenüber dem Sättigungsdefizit auch erst bei Werten oberhalb 6,0 mm Hg auf.

Luftfeuchtigkeit unter temperatur- bzw. feuchtigkeitskonstanten Bedingungen, sondern allen nur möglichen Kombinationen dieser beiden Faktoren, so wie sie auch von der Natur geboten werden.

Sowohl die bei konstanten relativen Feuchtigkeiten als auch unter konstanten Temperaturbedingungen ermittelten Regulationsbereiche sind im Experiment infolge der einseitigen Kombination dieser beiden Faktoren auch mit einer gewissen Einseitigkeit behaftet. In der Natur bleibt weder die Temperatur dieselbe, wobei die Luftfeuchtigkeit sich beliebig ändert, noch umgekehrt, sondern jede nur mögliche Kombination dieser beiden Faktoren tritt auf. Eine derartige Variationsbreite konnte in der vorliegenden Arbeit mit den vorhandenen technischen Mitteln nicht durchgeführt werden. Da der Versuch nur einseitige Beziehungen bot, sind auch die erhaltenen Regulationsbereiche gewissermaßen Extreme, die alle nicht gemessenen, möglichen Temperatur- und Feuchtigkeitskombinationen umschließen. Für die graphische Darstellung wurden aus dieser Überlegung heraus zur Aufstellung der *Thermohygrogramme* die Endpunkte der durch Messung und Werteaustausch erhaltenen Regulationsbereiche verbunden, so daß, innerhalb der gebotenen Bedingungen, die *Thermohygrogramme* den Vorzugsbereich der betreffenden Art in bezug auf die Temperatur und Feuchtigkeit wiedergeben. In unserem Falle handelt es sich somit speziell um *Thermohygrogramme,* die nicht die lebensbegrenzenden, sondern die optimalen Kombinationen von Feuchtigkeit und Temperatur darstellen.

Ein auf dieser Grundlage ermitteltes *Thermohygrogramm* von *Aedes aegypti* L. und *Lucilia sericata* Meig. zeigt die *Abbildung 16.*

*Abbildung 17* gibt die *Thermohygrogramme* derselben Art wieder, wobei aber die relative Luftfeuchtigkeit durch das Sättigungsdefizit ersetzt wurde.

Zusammenfassend geben somit die *Thermohygrogramme* des Vorzugsbereiches von *Aedes aegypti* L. und *Lucilia sericata* Meig. noch einmal die experimentell ermittelten Eigentümlichkeiten der Praeferenda beider Arten wieder, die sich sehr wohl mit den ökologischen Ansprüchen, die diese Arten stellen, in Beziehung bringen lassen. Die euryöke *Lucilia sericata* Meig., welche in der Natur eine größere Vagilität aufweist als die stenöke *Aedes aegypti* L., nimmt auch im *Thermohygrogramm* gegenüber dieser Art, bei einander entsprechenden Bedingungen eine gut zweieinhalbfache Fläche im Vorzugsbereich ein[6].

Zur Erklärung dieses verschiedenen Verhaltens der beiden Arten sei daran erinnert, daß das Hauptverbreitungsgebiet der stenöken *Aedes aegypti* L. auf die Tropen und Subtropen mit ihren relativ einheitlichen Klimaten beschränkt ist. Das Verbreitungsgebiet der kosmopolitischen *Lucilia sericata* Meig. erstreckt sich jedoch von der nördlich gemäßigten bis zur südlich gemäßigten Zone, umfaßt also die verschiedensten Klimate. Wie weit die unterschiedlichen Wetterlagen in den umschriebenen Verbreitungsgebieten sich als selektionistische Faktoren für das stenöke bzw. euryöke Verhalten der beiden Arten ausgewirkt haben, soll hier nicht weiter diskutiert werden.

Unter Zugrundelegung der 6 Wetterphasen für die gemäßigte Zone von Ungeheuer und Kügler (1957) würde das Thermohygrogramm, wie es in der vorliegenden Arbeit von *Lucilia sericata* Meig. beschrieben ist, in den

[6] Da aus bereits angeführten Gründen von *Calliphora erythrocephala* Meig. kein Werteaustausch durchgeführt wurde, konnte auch von dieser Art kein *Thermohygrogramm* aufgestellt werden, da nicht gewiß ist, welche Form die Regulationsbereiche der Feuchtigkeitskurven haben würden.

Wetterphasen 2 und 3 (gesteigertes Schönwetter bzw. föhnig übersteigertes Schönwetter) liegen. Diesen Wetterphasen entspricht nach HELLPACH (1950) der angenehm milde bis warme bzw. der lastend milde oder warme „Luftton". Im übrigen möchte ich mich der Ansicht von UNGEHEUER und KÜGLER

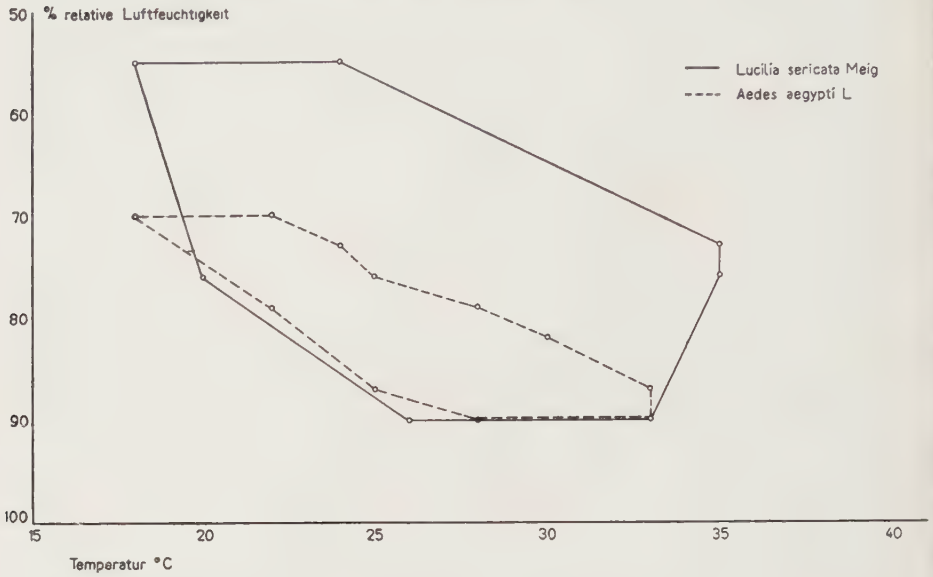


*Abb. 16. Thermohygrogramme* des Vorzugsbereiches von *Lucilia sericata* MEIG. und *Aedes aegypti* L.

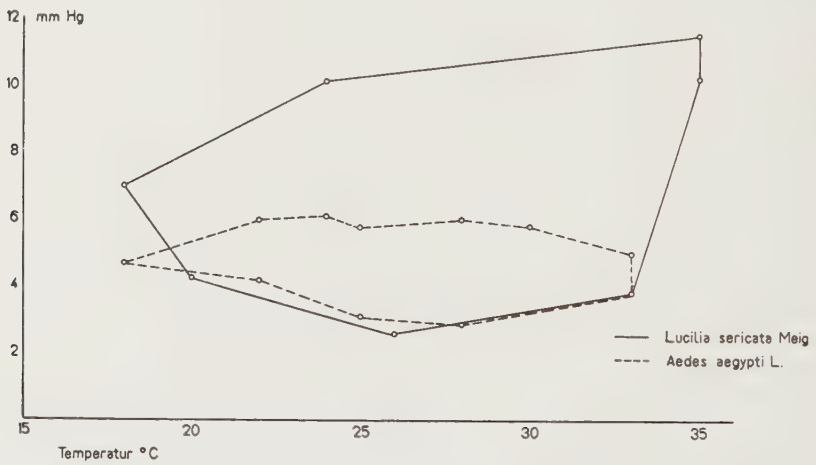


*Abb. 17. Thermohygrogramme* des Vorzugsbereiches von *Lucilia sericata* MEIG. und *Aedes aegypti* L. Die relative Luftfeuchtigkeit ist durch das Sättigungsdefizit ersetzt

(1957) anschließen, daß es durchaus möglich ist, Temperatur und Luftfeuchtigkeit nur als Indikatoren eines komplexen meteorologischen Geschehens aufzufassen, deren einzelne Komponenten noch nicht genügend aufgehellt sind.

## Zusammenfassung

I. Die Temperatur- und Feuchtigkeitskurven der Transpirationsmessungen von *Calliphora erythrocephala* Meig., *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. weisen in ihrem Verlauf Unregelmäßigkeiten auf, die durch aktive Transpirationseinschränkung des Tieres bedingt sind. Auf Grund der vergleichenden Temperaturorgelversuche bei diesen Arten haben sich die Abschnitte der Transpirationseinschränkungen als Vorzugsbereiche (Praeferenda) erwiesen.

II. Die bei den Transpirationsmessungen gebotene, variierte Luftfeuchtigkeit hat einen Einfluß auf die Lage und Ausdehnung der Regulationsbereiche zur Temperatur der untersuchten Arten.

III. Die Feuchtigkeitsansprüche von *Aedes aegypti* L. sind sehr hohe, denn bereits ab 90 % rL erfolgt mit sinkender relativer Luftfeuchtigkeit eine ständige Verlagerung des Vorzugsbereiches (Regulationsbereich der Transpirationsmessung) in kühlere Zonen. Nach der Lage und Eigenart der Regulationsbereiche, besonders in den Temperaturkurven, ist anzunehmen, daß bei Temperaturen um und oberhalb 30° C das Feuchtigkeitsoptimum dieser Art noch über 90 % rL liegt. Je höher die Temperatur, desto größer der Feuchtigkeitsanspruch dieser Art. Die Grenze des Vorzugsbereiches oberhalb 73 % rL ist durch die 6-mm-Hg-Grenze im Sättigungsdefizit gegeben.

IV. Der Feuchtigkeitsanspruch von *Lucilia sericata* Meig. ist gegenüber dem von *Aedes aegypti* L. geringer. Die optimale Feuchtigkeitsspanne bei Temperaturen von 26–33° C reicht bis 76 % rL hinunter, d. h. unterschiedliche Luftfeuchtigkeit oberhalb 76 % rL (bis 90 % rL) beeinflußt den Vorzugsbereich dieser Art nicht. Erst unterhalb 76 % rL erfolgt mit sinkender Luftfeuchtigkeit eine Verschiebung des Vorzugsbereiches (Regulationsbereich der Transpirationsmessung) in kühlere Zonen. Die Grenze des Praeferendum ist bei dieser Art innerhalb der gemessenen Temperaturen und Feuchtigkeiten durch ein Sättigungsdefizit von 10–11 mm Hg gegeben.

V. Der optimale Feuchtigkeitsbereich für *Calliphora erythrocephala* Meig. liegt innerhalb der gemessenen Spanne von 15–30° C in Temperaturkurven zwischen 80 und 90 % rL.

VI. Die Regulationsbereiche von *Lucilia sericata* Meig. und *Aedes aegypti* L. haben zu Temperatur und Feuchtigkeit verschiedene Lage und Ausdehnung, je nachdem, ob sie in Temperatur- oder Feuchtigkeitskurven ermittelt wurden. Bei Aufstellung der *Thermohygrogramme* wurden jeweils die in Temperatur- und Feuchtigkeitskurven ermittelten Regulationsbereiche vereinigt. Das *Thermohygrogramm* von *Lucilia sericata* Meig. nimmt gegenüber dem von *Aedes aegypti* L. bei einander entsprechenden Temperatur- und Feuchtigkeitsstufen eine zweieinhalbfache Fläche ein. Dies entspricht den ökologischen Gegebenheiten.

## Summary

The author carried out experimental investigations on several suborders of Diptera such as Brachycera and Nematocera in order to study the influence of humidity on the optimum temperature range for the species under trial. The suborders were chosen according to their importance in medical entomology as vectors of disease.

From among the Brachycera the genus of bluebottles (Calliphora) was selected, and from the Nematocera the family of the mosquitoes (Culicidae). Of the genus Calliphora the species Calliphora erythrocephala Meig. and Lucilia sericata Meig. were investigated, which by depositing their eggs in man and animals may cause myiasis and which as scavenger flies are carriers of helminthic diseases such as hydatid disease or ascariasis, and of bacteria. Of the Culicidae the author studied Aedes aegypti L. which transmits yellow fever and dengue, and Culex pipiens L. which is a vector of the virus of encephalitis and hen pox.

The following conclusions were arrived at:

(1) The varying air humidity associated with transpiration measurements influences the position and extension of the insect's regulating range with regard to temperature in Calliphora erythrocephala Meig., Lucilia sericata Meig. and Aedes aegypti L.

(2) The humidity requirements of Aedes aegypti L. are very high, and already below 90 % of relative humidity its preferential range is continuously reduced to more and more lower temperatures. According to the position and characteristics of the regulatory range it can be assumed that with temperatures about and above 30° C the optimum humidity for this species is still above 90 % of relative humidity. The higher the temperature the greater the humidity requirements of this species. The preferential range above 73 % relative humidity is determined by the saturation deficit at 6 mm mercury.

(3) In comparison to Aedes aegypti L., Lucilia sericata Meig. requires less humidity. The optimum humidity range at temperatures from 26 to 33° C extends down to 76 % relative humidity, i. e. variations in air humidity exceeding 76 % relative humidity (up to 90 % relative humidity) do not influence the preferential range of this species. Only below 76 % relative humidity and with falling air humidity the preferential range is shifted to cooler zones. With this species the limit of the preferential range is determined by a saturation deficit of 10/11 mm mercury. The thermohygrogram for Lucilia sericata Meig. covers an area which is two and a half times greater than that of Aedes aegypti L. at the corresponding temperature and humidity levels. This corresponds to the environmental conditions.

## Literatur


Bodenheimer, F. S. (1931): Über thermotaktisches Verhalten, Körpertemperatur und Aktivitätsminimum bei Insekten. Zool. Anz. 93, S. 59.

Bodenheimer, F. S. (1932): Über die Temperaturabhängigkeit von Insekten. III. Die Beziehungen der Vorzugstemperatur zur Luftfeuchtigkeit der Umgebung. Z. vergl. Physiol. 13, S. 740–747.

Bodenheimer, F. S. (1941): Observations on rodents in Herter's temperature gradient. Physiol. Zool. 14, S. 186–192.

Brumpt, E. (1949): Précis de parasitologie, 6. Aufl. 2 Bde., Paris.

Cousin, G. (1926): Influence du temps reserve a la nutrition sur les phases du cycle evolutif et les metamorphores de *Calliphora erythrocephala* Meig. Cpt. rend. des seances de la Soc. de biol. Bd. 95, Nr. 26, S. 565–568.

Cousin, G. (1929): L'alimentation de *Lucilia sericata* Meig. et ses relations avec la ponte. Cpt. rend. Soc. Biol. 100, S. 648–649.

Evans, A. C. (1934): Studies on the influence of the environment on the sheep blow – fly *Lucilia sericata* Meig. I. The influence of humidity and temperature on the egg. Parasitol. 26, S. 365–377.

Evans, A. C. (1935): Studies on the influence of the environment on the sheep blow – fly *Lucilia sericata* Meig. II. The influence of temperature and humidity on prepupae and pupae. Parasitol. 27, S. 291–298.
Gunn, D. L. (1934): The temperature and humidity relations of the cockroach (B. orientalis). Z. vergl. Phys. 20, S. 617–625.
Hellpach, W. (1950): Geopsyche. 6. Aufl., Stuttgart.
Herter, K. (1925): Temperaturoptimum und relative Luftfeuchtigkeit bei *Formica rufa*. Z.vergl. Phys. 2, S. 226–232.
Herter, K. (1939): Über den Temperatursinn der Insekten. Verh. VII. Int. Kongr. Entomol. 2, S. 740–759.
Herter, K. (1953): Der Temperatursinn der Insekten. Duncker & Humblot, Berlin 1953.
Hundertmark, A. (1938): Über das Luftfeuchtigkeitsunterscheidungsvermögen und die Lebensdauer der drei in Deutschland vorkommenden Rassen von *Anopheles maculipennis (atroparvus, messeae, typicus)* bei verschiedenen Luftfeuchtigkeitsgraden. Z. angew. Entomol. 25, S. 125.
Hundertmark, A. (1941): Versuche und Beobachtungen über das Verhalten von *Anopheles maculipennis* bei verschiedener Luftfeuchtigkeit und Temperatur. Z. angew. Entomol. 27, S. 667.
Jakovlev, V. u. Fr. Krüger (1953): Vergleichende Untersuchungen zur Physiologie der Transpiration der *Orthopteren*. Zool. Jb. Physiol. 64, S. 391–428.
Jakovlev, V. u. Fr. Krüger (1954): Untersuchungen zur Transpiration der Hausgrille *(Gryllus domesticus* L.). Z. vergl. Phys. 37, S. 57–77.
Krüger, Fr. (1951): Zwei neue Temperaturorgeln. Verh. Dtsch. Zool. Ges. in Wilhelmshaven. S. 263–267.
Lewis, D. J. (1933): Observations on *Aedes aegypti* L. under controlled atmospharic conditions. Bull. Entomol. Res. 24, S. 363–372.
Ludwig, D. (1945): The effects of atmospheric humidity on animal life. Phys. Zool. Vol. XVIII, S. 103.
Martini, E. (1952): Lehrbuch der medizinischen Entomologie, 4. Aufl. Gustav Fischer, Jena, S. 101.
Martini, E. u. E. Teubner (1933): Über das Verhalten von Stechmücken, besonders von *Anopheles maculipennis* bei verschiedenen Temperaturen und Luftfeuchtigkeiten. Beih. z. Arch. f. Schiffs- u. Tropenhygiene, Bd. 37, I, S. 1–80.
Necheles, H. (1927): Causes of night activity in some insects. Chinese J. of Physiol. I, S. 143.
Nieschulz, O. (1933): Über die Bestimmung der Vorzugstemperatur von Insekten. Zool. Anz. 110, S. 21–29.
Parker, A. H. (1952): The effect of a difference in temperature and humidity on certain reactions of female *Aedes aegypti* L. Bull. Entomol. Res. 43, S. 221–229.
Schmidt, G. (1955): Physiologische Untersuchungen zur Transpiration und zum Wasserhaushalt der Gattung *Carabus (Ins. Coleopt.)*. Zool. Jb., Abt. f. allg. Zool. u. Phys., 65, S. 460–495.
Steiner, G. (1942): Eine Zuchtweise für Fleischfliegen. Zool. Anz. 138, S. 97–106.
Thomson, R. C. M. (1938): The reactions of mosquitoes to temperature and humidity. Bull. Entomol. Res. 29, S. 125–140.
Ungeheuer, H. u. H. Kügler (1957): Meteorologie – Biologie – Medizin. Arzneimittelforschung, **7**, S. 370–380.
Wardle, R. A. (1927): The seasonal frequency of *Calliphorine* Blowflies in Great Britain. J. of Hyg., Vol. XXVI.

# Beitrag zur Heteropterenfauna Anatoliens

Von Eduard Wagner, Hamburg

## A. Einleitung

Das Material, das der folgenden Arbeit zugrunde liegt, erhielt ich zur Hauptsache von Prof. Dr. W. Zwölfer, München. Die meisten der Tiere wurden 1958 von ihm und seinem Mitarbeiter Dr. Ekrem Can, Ankara, während seiner in der Türkei[1] und in Iran durchgeführten Arbeiten, gesammelt. Es sind vorwiegend Pentatomiden, die er im Rahmen der Bekämpfungsaktion gegen Weizenschädlinge zumeist im Kulturland und in der Steppe Südostanatoliens sammelte. Von wirtschaftlicher Bedeutung sind vor allem die ausgesprochenen Getreideschädlinge aus den Gattungen *Aelia* F. und *Eurygaster* Lap., daneben aber auch eine Reihe weiterer Gattungen, die als Wirte für die Ei-Parasiten der Schädlinge in Frage kommen. Die Pentatomiden aus Zentralanatolien stellte dankenswerterweise die Leiterin des Pflanzenschutzinstitutes Ankara, Frl. Mesude Ileri, zur Verfügung. Der Direktor der Eurygaster-Bekämpfungsstation in Diyarbakir, Herr Mehmed Yüksel, überbrachte mir eine Anzahl weiterer Tiere, die gleichfalls in die folgende Arbeit aufgenommen wurden.

Die Untersuchung des Materials hatte auch einige bemerkenswerte faunistische und systematische Ergebnisse, so daß es mir angebracht erscheint, darüber zu berichten. Eine Anzahl Arten ist, soweit mir bekannt, in Anatolien bisher nicht festgestellt. Die Auffassung über die systematische Stellung einer Art aus der Gattung *Aelia* (*A. obtusa* Fieb.) mußte korrigiert werden und eine andere Art aus der Gattung *Sciocoris* Fall. erwies sich als neu für die Wissenschaft.

Ich möchte nicht versäumen, den genannten Herren u. Frl. Ileri für die liebenswürdige Unterstützung meiner Arbeiten an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen.

## B. Liste der Arten

### 1. Familie *Pentatomidae* Leach

*Odontotarsus purpureolineatus* Rossi var. *obsoletus* Horv.

Mermer, Vil. Diyarbakir 1. 6., 5. u. 15. 7. 58; Richtung Ergani, Vil. Diyarbakir 15. 6. u. 7. 7. 58; Vil. Diyarbakir 23. 8. 57.

Sonstige Verbreitung: Mittel- bis Südeuropa, Klein-Asien, Syrien, Persien, Kaukasien, Turkestan.

Alle vorliegenden Stücke gehören zur var. *obsoletus* Horv., während die Stammform im Material nicht vorhanden war. Es besteht der Verdacht, daß

[1] Im Auftrag der F.A.O. Rom.

*obsoletus* Horv. eine ostmediterrane subspecies ist. Die Stammform lebt in Mitteleuropa an *Sanguisorba.*

*Odontotarsus robustus* Jak.

Batman, Vil. Siirt 24. 5. 58, an Steppenpflanzen.

Sonstige Verbreitung: Mediterrane Art, die fast im ganzen Mittelmeergebiet vorkommt und deren Verbreitungsgebiet ostwärts bis Turkestan reicht. Bewohner trockener Grasflächen. Wirtspflanze bisher nicht bekannt.

*Odontotarsus plicatulus* Horv.

Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Bulgarien, Klein-Asien, Syrien, Kaukasien — Ostmediterrane Art. Wirtspflanze nicht bekannt.

*Psacasta exanthematica* Scop.

Mermer, Vil. Diyarbakir 28. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Mitteleuropa, Mittelmeergebiet, Südrußland, Kaukasien, Turkestan. Die Art lebt an und unter Borragineen *(Onosma).*

*Eurygaster austriaca* Schrk.

Pertek, Vil. Tunceli 22. 5. 58; Muş 2. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Mittel- bis Südeuropa, Nordafrika, Kaukasien, orientalische Region. Die Art lebt an Gräsern und ist aus Spanien als Weizenschädling bekannt.

*Eurygaster integriceps* Put.

Balan Köy, Vil. Tunceli 22. 5. 58; Karadja Dagh, 1800 m 13. 7. 58, aus Übersommerungslager; ferner in den Vilajeten Mersin, Adana, Antakia, Maraş, Antep, Adyaman, Urfa, Diyarbakir, Mardin, Siirt, Tatuan, Iran: Isfahan 18. 4. 58, an Weizen.

Sonstige Verbreitung: Italien, Balkan-Halbinsel, Syrien, Palästina, Persien, Südrußland, Krim, Kaukasien, Turkestan. Die Art lebt an Gräsern und ist bereits oft als Getreideschädling gemeldet.

*Eurygaster maura* L.

Polatli, Vil. Ankara 15. 7. 58, an Weizen; Eskişehir, Zentralanatolien 28. 7. 58; Umgebung Ankara, Zentralanatolien 23. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Gesamte Paläarktische Region, Orientalische Region. Die Art lebt an Gräsern und daher auch an Getreide.

*Trigonosoma (Ventocoris) horvathi* Put.

Tunceli 2. 6. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Syrien bekannt. Wirtspflanze unbekannt.

*Trigonosoma fischeri* H. S.

Eregli, Vil. Konya, Kamişli Köy 27. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Pyrenäen-Halbinsel, Nord-Afrika, Klein-Asien, Kaukasien, Transkaspien, Turkestan.

*Leprosoma stali* Dgl. Sc.

Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Syrien bekannt.

*Ancyrosoma leucogrammum* Gmel.

Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58; Diyarbakir, Institutsgarten 19. 7. 58; Batman, Vil. Siirt 24. 5. 58, in der Steppe; Pertek, Vil. Tunceli 22. 5. 58.

Sonstige Verbreitung: Mediterrane Art, deren Verbreitungsgebiet über Kaukasien und Turkestan hinaus bis ins südwestliche Sibirien reicht. Die Art lebt an Umbelliferen, vermutlich auch in Kulturen.

*Graphosoma stali* Horv.

Mermer, Vil. Diyarbakir 28. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Nur aus Klein-Asien und Syrien bekannt. Die Art lebt an Umbelliferen.

*Sciocoris ochraceus* Fieb.

Azin Ciflik, Vil. Diyarbakir, Sept. 57; Mermer, Vil. Diyarbakir 15.7.58.

Sonstige Verbreitung: Zypern, Syrien, Palästina, Turkestan. Die Arten der Gattung *Sciocoris* Fall. leben am Boden und vergraben sich in dessen oberste Schicht. Sie saugen an Pflanzenwurzeln, bes. Gräsern.

*Sciocoris pictus nov. spec.*

Azin Ciflik, Vil. Diyarbakir, Sept. 57; Mermer, Vil. Diyarbakir 20. 5., 6. u. 15.7.58; Diyarbakir 23. 8. 57; Batman, Vil. Siirt 24. 5. 58, in der Steppe.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus der Türkei. Lebensweise vermutlich wie vorige Art.

*Aelia rostrata* Boh.

Pertek, Vil. Tunceli 22.5.u. Juni 58; Pertek Kazase Calado Köy 17.7.58.

Sonstige Verbreitung: Mittel- und Osteuropa, Italien, Balkan-Halbinsel, Klein-Asien, Kaukasien. Alle *Aelia*-Arten leben, soweit bekannt, an Gräsern. Einige Arten verursachen auch Schäden an Getreide.

*Aelia obtusa* Fieb.[2]

Ceylanpinar, Vil. Urfa 5. 6. 58, an Weizen; Nahman Köy, Vil. Bingöl 23. 6. 58, an Wildgräsern, Masseneiablagen unter Steinen; Bingöl 22. 7. 58, in Weizenstoppelfeld, Masseneiablagen; Ergani, Vil. Diyarbakir 25. 7. 58, Masseneiablagen an Unkraut in Stoppelfeld; Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58; Ak Tepe, Vil. Diyarbakir, ohne Datum; Batman, Vil. Siirt 24. 5. 58, in Steppe; Diyarbakir 23. 8. 58; Nazak Köyü, Elazig 20. 7. 58; Karabaş, Elazig 5. 7. 58; Kizilhaman, Vil. Ankara 22. 8. 58, im Winterlager; Balan Köy, Vil. Tunceli b. Pertek 13. 5. 58.

Die Verbreitung dieser im Gebiet recht häufigen Art ist bisher nicht bekannt, da der Name *obtusa* Fieb. bislang als Synonym von *A. melanota* Fieb. betrachtet wurde. Die Art wurde von Fieber aus Kaukasien beschrieben.

*Aelia furcula* Fieb.

Iran, ohne näheren Fundort.

Sonstige Verbreitung: Balkan, Klein-Asien, Südost-Rußland, Kaukasien, Turkestan.

*Aelia virgata* Klug

Haralie Hazir. Vil. Tunceli, b. Pertek 9. 5. 58; Elazig 8. 7. 57.

Sonstige Verbreitung: Tunis, Griechenland, Krim, Syrien.

*Stagonomus bipunctatus* L.

Cinar, Vil. Diyarbakir 21.5.58, an *Verbascum* spec.; Diyarbakir 8.8.57.

Sonstige Verbreitung: Mittelmeergebiet ohne Nordafrika, Ägypten und Syrien. Die Art lebt an *Veronica*-Arten. *(V. officinale)*

*Staria lunata* Hhn.

Karakas. Vil. Elazig. 3. 10. 58.

Sonstige Verbreitung: Mittel- und Südeuropa, Klein-Asien, Südrußland, Krim, Kaukasien, Persien. Die Hauptnahrungspflanzen der Art dürften *Galium*-Arten sein.

*Peribalus vernalis* Wff.

Kizil Tepe, Vil. Mardin 28. 3. 58.

[2] Über die Artberechtigung von *Aelia obtusa* Fieb. wird am Schluß dieser Arbeit berichtet.

Sonstige Verbreitung: Mittel- und Nordeuropa, Mittelmeergebiet, Persien, Turkestan.

*Cnephosa flavomarginata* Jak.

Eregli, Okt. 58, im Winterlager.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Kaukasien und Nordpersien bekannt.

*Carpocoris pudicus* Poda

Mermer, Vil. Diyarbakir 1. 6. u. 20. 7. 58, an Distel; Vil. Tunceli 22. 5. 58.

Sonstige Verbreitung: Noch nicht geklärt, da bisher mit folgender Art verwechselt. Die Art lebt an allerlei Kräutern, bes. Kompositen und Umbelliferen (*Daucus* u. a.).

*Carpocoris purpureipennis* Deg.

Mermer, Vil. Diyarbakir 15. 7. 58, als Larven gesammelt, am 22. 7. Adult; Mermer 1. 6. u. 6. 7. 58, Larven und Adulte.

Sonstige Verbreitung: Mediterrane Art, nordwärts bis Süddeutschland und Finnland. Lebensweise wie vorige Art.

*Carpocoris coreanus iranus* Tam.

Diyarbakir, Institutsgarten 27. 6. 58; Iran; Isfahan 18. 4. 58, Weizenfeld.

Sonstige Verbreitung: Ostmediterrane Art.

*Codophila varia* F.

Mermer, Vil. Diyarbakir 15. 7. 58 als Larven, 22. 7. Adult; Richtung Ergani, Vil. Diyarbakir 7. 7. 58; Balan Köy b. Pertek, Vil. Tunceli 15. 5. 58; Kizil Tepe, Vil. Mardin 28. 3. 58, in Weizenfeld; Diyarbakir 23. 8. 58; Isfahan: Iran 18. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Mediterrane Art, deren Verbreitungsgebiet ostwärts bis Turkestan reicht. Lebensweise vermutlich ähnlich den vorigen Arten.

*Dolycoris baccarum* L.

Kizil Tepe Vil. Mardin 28. 3. 58; Richtung Ergani, Vil. Diyarbakir 23. 6. 58; Diyarbakir 23. 8. 57; Karadja-Dagh, Vil. Diyarbakir 5. 10. 57, im Winterlager; Isfahan, Iran 18. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Holopaläarktische Art, die auch in der nearktischen und in der orientalischen Region vorkommt. Lebt an Kräutern und Sträuchern, als Beerenwanze bekannt.

*Eurydema ornatum* L.

Richtung Cinar, Vil. Diyarbakir 19. 7. 58, an Cruciferen, neben bewässertem Gurkenfeld; Mermer, Vil. Diyarbakir 1. 6. 58.

Sonstige Verbreitung: Holopaläarktische Art, fehlt in Nordwesteuropa. Alle Arten der Gattung *Eurydema* Lap. leben an Cruciferen, soweit die Wirtspflanzen bekannt sind, und verursachen oft Schäden an Gemüse.

*f. gen. cruentatum* Put.

Richtung Cinar, Vil. Diyarbakir 8. 7. 58, wie oben (vermutlich die gleiche Form, die sich dann am 19. 7. zur Nominatform ausgefärbt hatte); Gölcük 1200 m 13. 7. 58, an Cruciferen; Diyarbakir, Institutsgarten 6. 6., 23. 6., 25. 6. u. 13. 7. 58.

Die *f. gen. cruentatum* Put. sind nach unseren bisherigen Erfahrungen im westlichen Mittelmeerraum stets frisch entwickelte Imagines. Sie färben sich innerhalb weniger Tage (höchstens 14) zur Stammform um. In der Regel verlassen die Tiere nach dieser Ausfärbung die Wirtspflanzen und sitzen auf Blüten umher. Erst zur Paarungszeit versammeln sie sich wieder

auf den Wirtspflanzen, wo Paarung und Eiablage stattfinden. Das Stadium *cruentatum* Put. kommt jedoch nur im Mittelmeergebiet vor. In Mittel- und Nordeuropa wird es durch das Stadium *pictum* H. S. vertreten. Daraus dürfte sich ergeben, daß hier 2 Rassen vorliegen, die sich nur im unausgefärbten Stadium unterscheiden. In Ostanatolien scheinen die Verhältnisse anders zu liegen, denn „wir konnten dort die Tiere vom cruentatum-Stadium bei der Kopula beobachten" (Briefliche Mitteilung von Prof. Zwölfer).

*Eurydema armeniacum* Klti.

Mermer, Vil. Diyarbakir 28. 4. (rote Form) u. 1. 6. 58 (helle Form); Richtung Ergani, Vil. Diyarbakir 15. 6. 58; Batman, Vil. Siirt 24. 5. 58.

Sonstige Verbreitung: Balkan-Halbinsel, Klein-Asien, Syrien, Persien, Kaukasien, Turkestan. Lebensweise und Umfärbungen wie bei der vorigen Art. Die helle Form heißt hier *caucasicum* Klti. und färbt sich nach spätestens 14 Tagen zur Stammform um.

*Eurydema laticolle* Horv.

Mermer, Vil. Diyarbakir 28. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Persien bekannt. Lebensweise wie vorige Art.

*Piezodorus lituratus* F.

Mermer, Vil. Diyarbakir 1. 6. 58; Richtung Ergani, Vil. Diyarbakir 15. 6. 58.

Sonstige Verbreitung: Mittel- und Südeuropa, Mittelmeergebiet, ostwärts bis Turkestan. Die Art lebt in Mitteleuropa ausschließlich an *Sarothamnus scoparus* L., im Mittelmeergebiet nur an verwandten Pflanzenarten *(Spartium, Genista, Cytisus).*

*Pausias martini* Put.

Hashaver Köy b. Diyarbakir 1. 4. 58, unter der Rinde von Morus.

Sonstige Verbreitung: Syrien, Kaukasien. Wirtspflanze nicht bekannt. Der verwandte *Pausias leprieurii* Sign. lebt in Ägypten an Büschen und Bäumen.

### 2. Familie *Arenocoridae* Bergr.

*Pseudophloeus waltli* H. S.

Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Mittel- bis Südeuropa, Nordafrika, Kaukasien, Transkaspien, Turkestan. Bodentier unter Kräutern *(Rumex).*

*Ceraleptus sartus* Kirit.

Tolhum Köy/Ergani, Vil. Diyarbakir 28. 5. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Osteuropa bekannt (Rußland).

*Coriomeris hirticornis* F.

Iran: Isfahan 18. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Mediterrane Art, deren Verbreitungsgebiet im Osten bis Turkestan reicht.

### 3. Familie *Corizidae* Stål

*Corizus hyosciami* L.

Kizil Tepe, Vil. Mardin 28. 3. 58; Richtung Ergani, Vil. Diyarbakir 15. 6. 58.

Sonstige Verbreitung: Holopaläarktische Art. Sie lebt an mancherlei Kräutern, bes. Kompositen.

*Brachycarenus tigrinus* Schill.

Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Mitteleuropa, Mittelmeergebiet, ostwärts bis Turkestan. Die Art lebt auf Sand- und Heideflächen an Kräutern.

*Maccevethus persicus* Jak.

Kizil Tepe, Vil. Mardin 28. 3. 58; Isfahan, Iran 18. 4. 58.

Sonstige Verbreitung: Kaukasien, Nord-Irak, Turkestan.

### 4. Familie *Pyrrhocoridae* Dhrn.

*Scantius aegyptius* L.

Hashaver Köy b. Diyarbakir 1. 4. 58, unter der Borke vom Morus.

Sonstige Verbreitung: Mittelmeergebiet, ostwärts bis Turkestan. Die Art lebt an *Malvaceen.*

### 5. Familie *Lygaeidae* Schill.

*Spilostethus pandurus* Scop.

Hashaver Köy b. Diyarbakir 1. 4. 58, unter der Borke von Morus.

Sonstige Verbreitung: Mittelmeergebiet, ostwärts bis Turkestan, äthiopische, orientalische und australische Region. Die Art lebt auf Kräutern und Laubhölzern, anscheinend sehr ubiquistisch und anthropochor.

*Spilostethus equestris* L.

Diyarbakir, Institutsgarten 4. 7. 58, an Cruciferen.

Sonstige Verbreitung: Holopaläarktisch, auch in Teilen der orientalischen Region. Die Art lebt an *Vincetoxicum*-Arten.

*Melanocoryphus syriacus* Reut.

Hashaver Köy b. Diyarbakir 1. 4. 58, unter der Rinde vom Morus.

Sonstige Verbreitung: Syrien, Palästina. Bodentier.

*Piocoris erythrocephalus* Lep. et Serv.

Mermer, Vil. Diyarbakir 5. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Mediterrane Art, deren Verbreitungsgebiet ostwärts bis Turkestan reicht. Auf sandigen Böden unter Pflanzenpolstern (*Malva* u. a.).

*Geocoris grylloides* L.

Karadja-Dagh, in 1800 m, Vil. Diyarbakir, Anfang August 58, gemeinsam mit *Eurygaster integriceps* Put. im Übersommerungslager unter *Astragalus.*

Sonstige Verbreitung: Euro-sibirische Art, die im Mittelmeergebiet bisher nur in Algier und Norditalien gefunden wurde. Lebt am Boden.

*Rhyparochromus (Microtomideus) moerens* Reut.

Mermer, Vil. Diyarbakir 15. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Syrien und Persien bekannt.

*Rhyparochromus (Neoxanthochilus) saturnius* Rossi.

Karadja-Dagh, Vil. Diyarbakir, in 1800 m, Anfang August 58, gemeinsam mit *Eurygaster integriceps* Put. im Übersommerungslager unter *Astragalus.*

Sonstige Verbreitung: Westliches Mittelmeergebiet, Südost-Rußland, Krim. Die Art lebt an trockenen Orten am Boden.

*Emblethis minutus* Kirit.

Karadja-Dagh, Vil. Diyarbakir, in 1800 m, Anfang August 58, gemeinsam mit voriger Art unter *Astragalus*.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Klein-Asien, Syrien, Palästina, Turkestan bekannt. Bodentier.

### 6. Familie *Reduviidae* Latr.

*Rhinocoris niger* H. S.

Mermer, Vil. Diyarbakir 1. 6. 58.

Sonstige Verbreitung: Klein-Asien, Krim, Rumänien, Ungarn. Raubwanze, die auch größere Pentatomiden überwältigt und aussaugt.

### 7. Familie *Miridae* Hhn.

*Grypocoris fieberi* Dgl. Sc.

Diyarbakir, Institutsgarten 19. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Klein-Asien und Syrien bekannt.

*Brachycoleus thoracicus* Put.

Mermer, Vil. Diyarbakir 15. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Bisher nur aus Klein-Asien und Syrien bekannt. Das vorliegende ♀ gehört zur var. *coccineus* Horv.

*Psallus ancorifer vesicatus* E. Wagn.

Mermer, Vil. Diyarbakir 15. 7. 58.

Sonstige Verbreitung: Die subspec. *vesicatus* ist bisher nur aus Syrien und Klein-Asien bekannt. Weitere Rassen leben in Südeuropa, Nordafrika und Syrien. Die Art lebt an Kräutern.

## C. Systematische Klarstellungen

### 1. *Aelia obtusa* Fieber 1868

Die weitaus häufigste Art aus der Gattung *Aelia*, die das vorliegende Material enthielt, ließ sich mit keiner der bestehenden Arten identfizieren. Die Untersuchung ergab, daß es sich dabei um *Aelia obtusa* Fieb. handelt. Diese Art wurde 1868 von Fieber nach ihm vorliegenden ♀♀ beschrieben. Das ♂ kannte er nicht. Reuter (1900) stellte dann den Namen *obtusa* als Synonym zu *A. melanota* Fieb., von der nur das ♂ bekannt war. Alle späteren Autoren sind dann dieser Entscheidung gefolgt.

*A. obtusa* Fieb. nimmt eine Mittelstellung ein zwischen *A. rostrata* Boh. und *A. melonata* Fieb. Die besten Unterscheidungsmerkmale bilden die Form der Kopfspitze und der Wangenplatten, das Genitalsegment des ♂ und die Längenverhältnisse der Fühlerglieder.

Die Kopfspitze ist bei Betrachtung von oben (Fig. 2) viel spitzer als bei den übrigen Arten (Fig. 1, 3, 4). Der Seitenrand ist neben der Tylusspitze leicht eingebuchtet, im übrigen aber fast gerade. Der kielartige Rand ist schmal und überall von gleicher Breite. Der Teil der Wangen, der die Tylusspitze überragt, ist auffallend kurz, seine Länge beträgt weniger als ein Vier-

tel der Entfernung von der Kopfspitze zum Auge. Seitlich gesehen (Fig. 6) ist die Kopfspitze kaum abgestumpft, die Wangenplatten tragen auf der vorderen Ecke einen kleinen Höcker, sind aber sonst überall etwa gleich hoch.

Das 2. Fühlerglied ist stets deutlich kürzer als das 3. Die durchschnittliche Länge beträgt bei 2 = 0,57 mm, bei 3 = 0,67 mm.

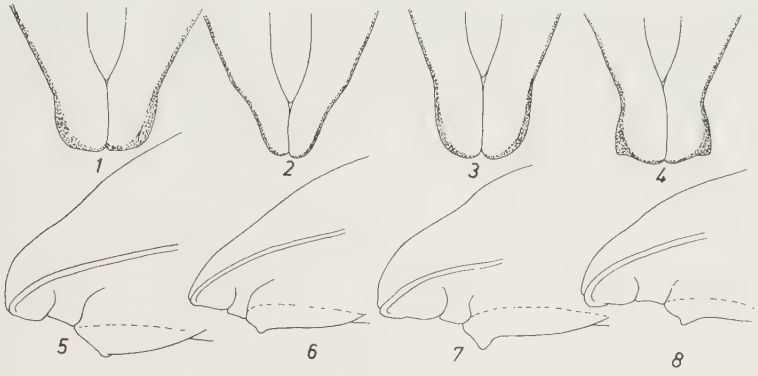


*Fig. 1—8. Aelia,* Kopfspitze des ♂ (15 ×)
1 + 5 = *A. melanota* Fieb. 2 + 6 = *A. obtusa* Fieb. 3 × 7 = *A. rostrata* Boh.
4 + 8 = *A. furcula* Fieb. — 1—4 = Kopfspitze dorsal, 5—8 = dies. seitlich

Das Genitalsegment des ♂ (Fig. 10) zeigt am oberen (hinteren) Rande deutlich die 3 für die *A. rostrata*-Gruppe charakteristischen Einbuchtungen. Die mittlere ist tief, breit und gerundet, die beiden seitlichen dagegen sind flach und stumpfwinklig. Die Außenecken des Segments sind schräg nach innen abgestutzt. Der untere Rand der Genitalöffnung hat in der Mitte eine große, tiefe Ausbuchtung und beiderseits davon je 2 abgerundete Höcker, von denen der innere der Basis weit näher liegt als der äußere. Die Parameren sind sehr klein, haben eine kurze, dicke, schwarze Hypophysis, neben der ein langer blattartiger Anhang sitzt. Der Penis ist lang, in der Mitte stark eingeschnürt und hat einen sehr langen, S-förmig gewundenen ductus seminis.

Auffällig ist auch die Färbung der Art. Alle Stücke, die mir bisher vorlagen, sind übereinstimmend sehr hell gefärbt, farblos punktiert und weisen nur sehr geringe schwarze Zeichnungen auf. Am Kopf sind nur 2 Streifen neben dem Tylus und der schmale kielartige Seitenrand braun. Die Fühler sind einfarbig rotgelb. Das Pronotum ist nur in der Querfurche neben den Schwielen dunkel gefleckt. Das Scutellum hat an der Basis 2 oder 4 kurze schwarze Längsflecke und oft auch einen dunklen Punkt auf der Spitze. Das Corium hat bisweilen einen schwach erkennbaren braunen Längsfleck neben der schwielig verdickten Radialader. Die Membran ist hell. Der Rücken des Abdomens ist größtenteils hell, trägt 4 schmale braune Längsbinden, die sich auf dem letzten Tergit zu 2 spitzen Winkeln vereinigen, bisweilen schwärzlich sind und von denen die beiden äußeren sich auf den vorderen Tergiten verbreitern. Die Unterseite ist hell, nur die Stigmen sind schwarz. Connexivum einfarbig gelb. Rostrum unterseits mit schwarzem Längsstrich und schwarzer Spitze. Beine einfarbig hell, Schenkel bisweilen im Spitzendrittel mit einem feinen dunklen Punkt.

Länge: ♂ = 9,8–10,4 mm, ♀ = 10,2–11 mm.

Die Art ähnelt im Bau der Wangenplatten und des Genitalsegments *A. melanota* Fieb. (Fig. 5 u. 9), in der Form der Kopfspitze *A. rostrata* Boh. (Fig. 3) und *A. germari* Küst. und in der Färbung und der Form der Wangenplatten *A. furcula* Fieb. (Fig. 8). Bei *A. melanota* Fieb. (Fig. 1) ist jedoch die Kopfspitze vorn viel breiter und fast eckig (ein Merkmal, das bereits FIEBER angibt), der Seitenrand ist von der Einbuchtung an stark verbreitert und der vor der Tylusspitze liegende Teil mindestens $^3/_{10}$ so lang wie die Entfernung von der Kopfspitze bis zum Auge. Seitlich gesehen (Fig. 5) ist der Kopf vorn dicker und stumpfer, die Wangenplatten nehmen nach hinten gleichmäßig an Höhe ab. Am Genitalsegment des ♂ (Fig. 9) sind die beiden seitlichen Einbuchtungen des oberen Randes tiefer. Das 2. Fühlerglied ist etwa so lang wie das 3. Die mittlere Länge beträgt: 2 = 0,75 mm, 3 = 0,77 m.

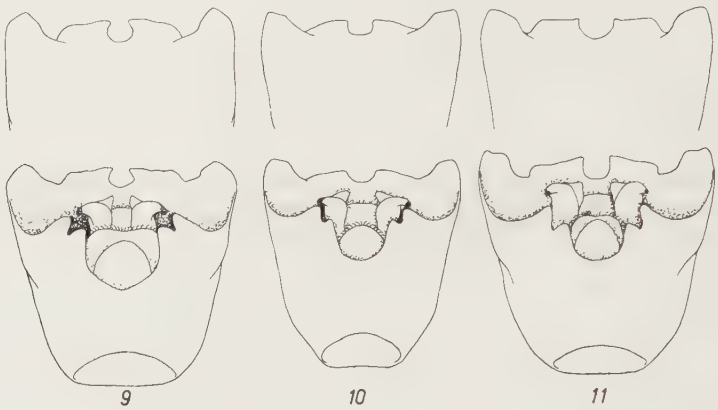


*Fig. 9—11. Aelia*, Genitalsegment des ♂ (15 ×)
9 = *A. melanota* Fieb. 10 = *A. obtusa* Fieb. 11 = *A. rostrata* Boh. — Oben = oberer Teil ventral (von hinten gesehen), unten = Segment von innen (dorsal)

Bei *A. rostrata* Boh. ist die Kopfspitze (Fig. 3) vorn gleichfalls etwas breiter, aber gerundet, der Rand im vorderen Teil deutlich verbreitert und der die Tylusspitze überragende Teil der Wangen etwa ein Drittel so lang wie die Entfernung von der Kopfspitze zum Auge. Seitlich gesehen (Fig. 7) ist der Kopf vorn dick und stumpf, und die Wangenplatten tragen an der vorderen Ecke einen hohen dreieckigen Zahn. Das Genitalsegment des ♂ (Fig. 11) hat am oberen Rande 3 tiefe, runde Einbuchtungen und am vorderen Rande jederseits 2 Spitzen, die weit auseinanderliegen. Das 2. Fühlerglied ist so lang wie das 3. Die mittlere Länge beträgt beim 2. = 0,70 mm und beim 3. auch 0,70 mm.

*A. furcula* Fieb. hat zwar die gleiche helle Färbung wie unsere Art und weist auch die gleiche Form der Wangenplatten auf (Fig. 8). Die Kopfspitze (Fig. 4) ist jedoch nach vorn verbreitert und hat dort 2 sehr charakteristische Ecken, der Teil der Wangen, der die Tylusspitze überragt, ist sehr lang, sein Rand stark verbreitert. Die Art unterscheidet sich überdies von den übrigen durch die beiden spitzen Zähne auf der Hinterfläche des Genitalsegmentes des ♂, die dicht unter der mittleren Einbuchtung sitzen.

Durch den spitzen Kopf erinnert *A. obtusa* Fieb. stark an *A. germari* Küst. Bei dieser Art hat das Genitalsegment des ♂ jedoch am oberen Rande nur

eine Einbuchtung in der Mitte, die Wangenplatten sind sehr niedrig und gehen ohne Ecke oder Spitze in die Jochplatten über.

Im Bau der Parameren und des Penis zeigen die untersuchten Arten nur sehr geringe Unterschiede.

Ich untersuchte von *A. obtusa* Fieb. 22 ♂♂ und 24 ♀♀ aus der Türkei. Die Fundorte wurden im 2. Teil dieser Arbeit aufgeführt. Hypotypoide befinden sich in meiner Sammlung und in der Entomologischen Abteilung der Zoologischen Sammlung des Bay. Staates, München.

### 2. *Sciocoris pictus nov. spec.*

Von länglich ovaler Gestalt, das ♂ 2,1 mal, das ♀ 2,05 mal so lang wie das Pronotum breit ist. Hell ockergelb, oft mit ausgedehnter schwarzer Zeichnung, vor allem auf Pronotum und Scutellum (Fig. 12).

*Kopf* (Fig. 13 u. 14) verhältnismäßig klein, etwas breiter als lang und nur 0,6 mal so breit wie das Pronotum. Seiten des Kopfes gerundet, vor den Augen leicht geschweift und am Auge ein tiefer Einschnitt. Auge kurz gestielt, mit seiner ganzen Breite den Kopfrand nach außen überragend. Scheitel beim ♂ 6,2 mal, beim ♀ 6,3 mal so breit wie das kleine Auge. Wangen vorn übereinandergreifend, der Vorderrand in der Mitte tief eingeschnitten, der Seitenrand aufgebogen. Fühler schlank, gelbbraun; Glied 4 und 5 schwarz. Das 3. Glied ist sehr kurz und weniger als halb so lang wie das 5.; das 4. Glied ist 0,85 bis 0,90 mal so lang wie das 5. und 1,8 mal so lang wie das 3.

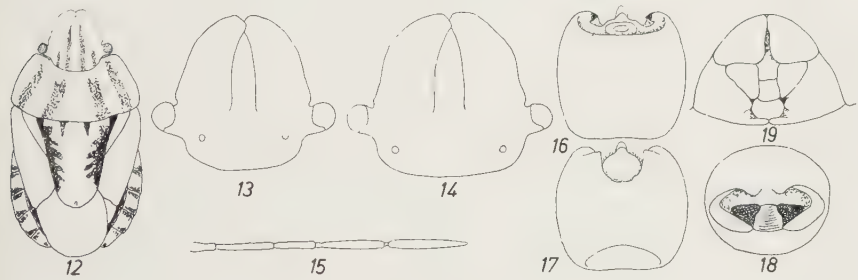


*Fig. 12—19. Sciocoris pictus* nov. spec.
12 = ♂ (6 ×), 13 = Kopf des ♂ von oben (15 ×), 14 = dass. vom ♀, 15 = Fühler des ♀ (15 ×), 16 = Genitalsegment des ♂ ventral (15 ×), 17 = dass. dorsal, 18 = dass. von hinten, 19 = Genitalsegmente des ♀ von hinten (15 ×)

*Pronotum* (Fig. 12) kurz und breit, Vorderecken vorgezogen, Seitenrand breit hell (farblos punktiert), deutlich gekrümmt und die beiden Seiten nach hinten deutlich divergierend, dort ist das Pronotum 2,3–2,4 mal so breit wie in der Mitte lang. Auf der Scheibe 4 dunkle Längsbinden, deren Länge und Intensität wechselt. Scutellum lang und schmal, in den Grundwinkeln stets 2 intensiv schwarze, keilförmige Flecke; oft der Seitenrand in ganzer Länge von einem schwarzen Fleck begleitet. Auf der Spitze bisweilen ein schwarzer Punkt. Halbdecken in der Regel einfarbig gelbbraun. Membran glashell, durchscheinend, ungefleckt, Adern bräunlich, beim ♂ die Spitze des Abdomens etwas überragend, beim ♀ das letzte Segment und einen Teil des vorletzten freilassend.

*Unterseite* einfarbig hell, Seiten der Bruststücke mit einem schwarz punktierten Streifen. Stigmen schwarz. Beine ockergelb, unpunktiert, aber mit schwarzen Borsten. Das Rostrum hat eine schwarze Spitze und reicht fast bis zur Mitte der Hinterhüften.

*Genitalsegment des* ♂ (Fig. 16–18) kurz, breiter als lang, seine Seiten stark abgerundet. Die hinteren (oberen) Außenecken sind stark nach innen gekrümmt und tragen eine kleine schwarze Spitze. Innen von dieser Spitze ist der Hinterrand eingebuchtet, in der Mitte trägt er einen kegelförmigen Höcker (Fig. 16), der von einer parabolischen Chitinplatte überragt wird. Genitalöffnung sehr klein (Fig. 17) und durch den Analkonus ausgefüllt. Auch von hinten gesehen (Fig. 18) zeigt das Genitalsegment eine ungewöhnlich kleine Öffnung und daneben 2 gekrümmte, schwielige Wälle.

*Genitalsegmente des* ♀ (Fig. 19) nur 1,33 mal so breit wie hoch. Außenecken stumpf. Lappen des 8. Segments verhältnismäßig klein.

Länge: ♂ = 5,5–5,65 mm, ♀ = 5,9–6,7 mm.

*Sc. pictus* n. sp. gehört wegen seiner gestielten Augen in die Verwandtschaft von *Sc. macrocephalus* Fieb. und *luteolus* Fieb. Er ist damit die 3. Art dieser Gruppe und unterscheidet sich von den beiden anderen durch die kürzer gestielten Augen, das wesentlich kürzere 3. Fühlerglied[3], schlankere Gestalt, anders gebaute Genitalsegmente bei ♂ und ♀ und die angegebene schwarze Zeichnung, die auch bei keiner anderen Art vorzukommen scheint.

Ich untersuchte 3 ♂♂ und 9 ♀♀ aus der Türkei. Die Fundorte sind im 2. Teil dieser Arbeit angegeben.

Holotypus (Azen Ciflik) und Allotypoid (Mermer) in meiner Sammlung. Paratypoide ebenda und in der Ent. Abt. der Zoolog. Staatssammlung, München.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Arbeit bringt eine Zusammenstellung von Heteropteren aus dem Nahen Osten (Türkei und Iran), die im Zusammenhang mit Studien über die Getreidewanzen von Prof. Zwölfer und seinen Mitarbeitern in deren Biotopen gesammelt wurden. Unter den behandelten Arten sind viele erstmalig für Anatolien nachgewiesen. Als neu für die Wissenschaft erwies sich *Sciocoris pictus* nov. spec., die vom Verfasser näher beschrieben wird. Auch enthält die Arbeit eine systematische Klarstellung einiger aus der Türkei bekanntgewordener Aelia-Arten, von denen neben *A. rostrata* Boh. neuerdings auch *A. obtusa* Fieb. als Getreideschädling festgestellt worden ist.

## Summary

The Heteroptera collected in the Near East (Turkey and Iran) by Zwölfer and others in connection with studies on grain bugs in their biotopes are summarized. Many of the species dealt with are recorded from Anatolia for

[3] In meiner Arbeit (1954) über diese beiden Arten befindet sich bei den Längenverhältnissen der Fühlerglieder ein bedauerlicher Druckfehler. Auf S. 240, Abs. 2 sollen das 4. und 5. Glied nicht mit dem 2., sondern mit dem 3. Glied verglichen werden. Die Verhältniszahlen dort beziehen sich auf das 3. Glied.

the first time and *Sciocoris pictus* is described as new to science. Some of the Turkish species of *Aelia* are systematically revised; in addition to *A. rostrata* Boh., *A. obtusa* Fieb. has also been recently confirmed as a grain pest.

## Literatur

FIEBER, F. X. (1868): Die europäischen *Aelia*-Arten. Verh. Zool. Bot. Ges. Wien: 465/78.
REUTER, O. M. (1900): *Hemiptera palaearctica.* Öfv. Fin. Vet. Soc. Förh. XLII: 229/30.
WAGNER, E. (1954): Beitrag zur Systematik der Gattung *Sciocoris* Fall. Entomol. Berichten XV: 239/44.

# KLEINE MITTEILUNGEN

## Internationales Symposium der Biologischen Sektion der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften 1959

Von der Biologischen Sektion der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften wird unter Mitarbeit von mehreren Forschungsinstituten in der ersten Hälfte des September 1959 in Prag anläßlich der II. Konferenz der tschechoslowakischen Entomologen ein *Internationales Symposium über die wichtigsten Probleme der ontogenetischen Insektenentwicklung* mit besonderer Berücksichtigung methodischer Fragen der experimentellen Forschung veranstaltet.

Anmeldungen zur Teilnahme und zu Vorträgen, Anforderungen von Informationen sowie Anfragen aller Art werden erbeten an das Symposiumsbüro: *Entomologisches Laboratorium der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften, Viničná 7., Praha 2, Tschechoslowakei.*

Die Einladungen mit dem vorläufigen Programm werden im Frühjahr 1959 versandt.

Das Sekretariat des Symposiums

## Symposion über schädliche Fliegen im Lebensbereich des Menschen

Im Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin-Dahlem, Corrensplatz 1, wird am 23., 24. und voraussichtlich auch noch am 25. 4. 1959 ein *Symposion über synanthrope und symbovine Fliegen* durchgeführt. Mehr als 20 in- und ausländische Vortragsanmeldungen liegen vor. Referate sind angekündigt über Klassifikation, Verhaltensweisen, Sinnesphysiologie, Genetik, medizinische bzw. veterinärmedizinische Bedeutung, sowie über Bekämpfung und Abwehr schädlicher Fliegen im Lebensbereich des Menschen. Rechtzeitige Anmeldung zur Teilnahme sowie Anfragen sind zu richten an die Abteilung V des Institutes. Ein vorläufiges Programm ist ab 15. 2. 1959 erhältlich.

E. KIRCHBERG

### Archiv ungedruckter wissenschaftlicher Manuskripte

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat im Zusammenwirken mit der Deutschen Bibliothek in Frankfurt am Main ein Archiv für wertvolle wissenschaftliche Manuskripte eingerichtet, die aus finanziellen Gründen nicht oder nur auszugsweise gedruckt werden können. Das Archiv will diese Manuskripte für die Forschung erhalten und durch bibliographische Anzeige sowie durch Ausleihe zugänglich machen.

Zur Aufnahme in das Archiv sind vorgesehen:

1. Arbeiten, die der Deutschen Forschungsgemeinschaft vorgelegen haben und von ihr als wissenschaftliche Leistungen anerkannt worden sind, deren Druck aber nicht finanziert werden kann, weil ihre Thematik einen allzu begrenzten Kreis von Spezialisten interessieren würde.
2. Arbeiten – auch fremdsprachige –, die wegen ihres Umfanges nur auszugsweise in einer wissenschaftlichen Zeitschrift gedruckt werden können.
3. Materialsammlungen zu bereits gedruckten wissenschaftlichen Arbeiten.
4. Manuskripte, die auf wissenschaftlichen Kongressen nur auszugsweise vorgetragen und in Kongreßberichten nur gekürzt veröffentlicht werden konnten.
5. Sonstige Arbeiten, deren Aufnahme dem Archiv von anerkannten wissenschaftlichen Verlegern oder Forschern empfohlen wird und die in das Archiv aufzunehmen der Deutschen Bibliothek tunlich erscheint.

Kosten erwachsen dem Verfasser aus der Archivierung und Anzeige seiner Arbeiten nicht, weitere Einzelheiten über die Aufnahme sind dem Merkblatt zu entnehmen, das vom *„Archiv ungedruckter wissenschaftlicher Schriften bei der Deutschen Bibliothek“* – Frankfurt a. Main, Untermainkai 14 – bezogen werden kann.

## NACHRICHTEN

Die DEUTSCHE ENTOMOLOGISCHE GESELLSCHAFT, Berlin-Dahlem, Corrensplatz 1, und Berlin N 4, Invalidenstraße 42, verlieh am 13. 1. 1959 die FABRICIUS-Medaille für das Jahr 1958 Herrn KURT HARZ, Münnerstadt bei Kissingen, für sein Werk „Die Geradflügler Mitteleuropas“.

Der bisherige Vorsitzende der Gesellschaft, wiss. Rat Dr. E. KIRCHBERG, wurde auf der Generalversammlung für das Jahr 1959 wiedergewählt.

Zur Interpretation des „Grünen Planes 1959"

*ist erschienen:*

# Der Grüne Plan 1959

## Kommentar

des Planes, der Richtlinien und wichtiger Ausführungserlasse

Bearbeitet und herausgegeben von

Dr. Friedrich Steding

Ministerialrat im Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

**Erster Teil**

Text des Grünen Planes 1959 und Kommentar

48 Seiten / 5,50 DM / Ab 100 Expl. 5,– DM

Erschien Ende Februar 1959

**Zweiter Teil**

Richtlinien, wichtige Ausführungserlasse und Kommentar

72 Seiten / 7,50 DM / Ab 100 Expl. 6,80 DM

Erscheint im August 1959

Der Kommentar, dessen Herausgeber an der Vorbereitung und Durchführung des „Grünen Planes" mitwirkt, bezweckt eine eingehende und schnelle Unterrichtung der Land- und Ernährungswirtschaft, ihrer Organisationen sowie anderer interessierter Kreise über die für 1959 vorgesehenen Maßnahmen und ihre Richtlinien, zugleich unter jeweiliger Darlegung ihres Sinnes und Zwecks. Er dient vor allem dazu, den einzelnen Organisationen oder anderen Interessenten die nötigen Hinweise zu geben, mit deren Hilfe man die durch den Plan geschaffenen Möglichkeiten rechtzeitig erkennen kann. Nicht zuletzt erleichtert der Kommentar auch eine eigene Urteilsbildung über die zu erwartenden verschiedenartigen Stellungnahmen.

*Ferner erschien zur Fortsetzung der bereits vorliegenden Jahrbücher:*

# Statistisches Jahrbuch 1958 über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten der Bundesrepublik Deutschland

*Herausgegeben vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten*

1959 / 290 Seiten mit 437 Tabellen / In Ganzleinen 36,– DM

*Aus den Urteilen über das Jahrbuch 1957:*

„Man wird nicht leicht eine Zahl aus dem weiten Bereich der bundesdeutschen Land- und Ernährungswirtschaft suchen, die nicht in diesem stattlichen Band zu finden wäre ... In der nüchternen Sprache der Zahlen leistet diese amtliche Sammlung sonst weit verstreuter Unterlagen jedem unschätzbare Dienste, der es sich angelegen sein läßt, große und kleine Zusammenhänge in der westdeutschen Land- und Ernährungswirtschaft zu erkennen und darzustellen." *Die Kartoffelwirtschaft*

„Der besondere Wert dieser ‚Zahlen, die man braucht' für die Beurteilung der Leistungen der Landwirtschaft liegt darin, daß fast bei allen Nachweisen auch Vergleichsangaben mit den vergangenen Jahren gemacht werden. Erstaunlich ist die überaus schnelle Bearbeitung des sehr umfangreichen statistischen Materials aus dem vergangenen Jahr. Allen hieran Beteiligten gebührt besonderer Dank und Anerkennung."

*Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*

„Das Jahrbuch wird allen Fachleuten auf dem Gebiet der Land- und Ernährungswirtschaft ein wertvoller Helfer sein, darüber hinaus kann es aber auch jedem Praktiker empfohlen werden, der – über den Alltag des eigenen Betriebes hinaus – den großen volkswirtschaftlichen Zusammenhängen nachgeht." *Mitteilungen der DLG*

VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN

**Erkentnisse und Erfahrungen aus zehn Jahren Pappelforschung**

*vermittelt der soeben erschienene Leitfaden:*

# DIE PAPPEL

**Anbau · Pflege · Verwertung**

*Ein Leitfaden für die Praxis*

Unter der Redaktion von Prof. Dr. HERBERT ZYCHA bearbeitet von


Prof. Dr. HERBERT ZYCHA
Biologische Bundesanstalt, Institut für Forstpflanzenkrankheiten, Hann. Münden

Dozent Dr. ERNST RÖHRIG
Institut für Waldbau-Technik der Universität Göttingen, Hann. Münden

Dipl.-Forstw. BRUNO RETTELBACH
Deutscher Pappelverein und Lignikultur, Landesgruppe Bayern e. V., München

Dozent Dr. WOLFGANG KNIGGE
Institut für Forstbenutzung der Universität Göttingen, Hann. Münden



1959 / 121 Seiten mit 57 Abbildungen / In Ganzleinen 14,– DM


Als guter und schneller Holzproduzent, der sich sehr gut auch zum Anbau außerhalb des Waldes eignet, erfreut sich die Pappel zunehmender Beliebtheit. Ihr Anbau setzt sich seit einer Reihe von Jahren immer mehr durch; gleichzeitig häufen sich aber auch Rückschläge und Ausfälle, die durch falsche Sortenwahl, falschen Standort, durch Schädlinge und Krankheiten verursacht werden. Wer schwerwiegende Fehler vermeiden und mit Sicherheit Erfolge erzielen will, kann auf ein Fachbuch nicht verzichten, das – wissenschaftlich einwandfrei – ihm alle auf dem Wege zu rationeller Pappelwirtschaft auftretenden Fragen praxisnah beantwortet.

Ein solches Buch ist nun erschienen. Seine Autoren, vier der Praxis besonders eng verbundene Wissenschaftler, haben sich die Aufgabe gestellt, die wertvollen Erkenntnisse und Erfahrungen, die Forschung und Praxis in den letzten zehn Jahren im Pappelanbau gewonnen haben, auszuwerten und sie in einer zusammenfassenden, nicht zu umfangreichen Bearbeitung dem weiten Kreis der Pappelanbauer zugänglich zu machen. Es entspricht dem Charakter des Buches als „Leitfaden für die Praxis", daß dabei alles Unwesentliche oder Problematische zugunsten der klar herausgearbeiteten gesicherten Erkenntnisse zurücktreten mußte. Nur so ließ sich auch der umfangreiche Stoff auf nicht mehr als hundertzwanzig Seiten bewältigen.

Von der Baumschule bis zur Holzernte führen die sieben Kapitel, von denen je eines mit den *Arten und Sorten* der Pappel vertraut macht, Verständnis für die richtigen *Standorte* weckt, alles Wissenswerte über *Anbau und Pflege* vermittelt, *Krankheiten* und *Schädlinge* beschreibt, den *Ertrag* abschätzt und über *Eigenschaften, Ernte und Verwertung des Holzes* unterrichtet. Ein Verzeichnis der wichtigsten Spezialliteratur und ein ausführliches Sachregister vervollständigen das Buch, das zum unerläßlichen Rüstzeug jedes haupt- oder nebenberuflichen Pappelanbauers gehört.


VERLAG PAUL PAREY · HAMBURG UND BERLIN